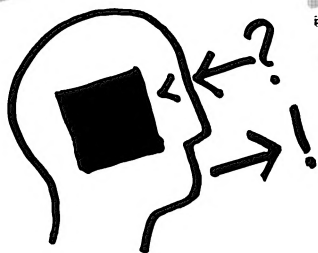


624.001

Дж.К. Джонс

Методы проектирования



Design methods

Seeds
of Human Futures

J.Christopher Jones

A Wiley—Interscience
Publication

Published in association with
the Council of Industrial Design,
London

John Wiley & Sons
New York Toronto Chichester Brisbane
1982

Дж.К. Джонс

Методы проектирования

Издание второе, дополненное

Перевод с английского
Т.П. Бурмистровой, И.В. Фриденберга
под редакцией д-ра психол. наук,
канд. техн. наук В.Ф. Венды,
канд. психол. наук В.М. Мунипова



Москва «Мир»
1986

Джонс Дж. К.

Д42 Методы проектирования: Пер. с англ.— 2-е изд., доп.— М.: Мир, 1986. — 326 с., ил. — Загл. 1-го изд: Инженерное и художественное проектирование.

Книга известного английского специалиста, являющаяся введением в системотехнические методы проектирования. Представлена достаточно полная картина современного проектного анализа, методы которого имеют универсальный характер и применимы в самых разных областях: инженерном проектировании, художественном конструировании, экономическом прогнозировании и т. д.

Для специалистов в области системотехники, исследования операций, эргономики, инженеров-психологов, инженеров-проектировщиков, художников-конструкторов и студентов инженерных, экономических и художественно-конструкторских специальностей.

Д $\frac{2109000000 - 156}{041 (01) - 86}$ 153—86, ч.1

ББК 30.2
603

*Редакция литературы по новой технике
и космическим исследованиям*

©1970 and 1981 John Wiley & Sons Ltd.
All rights reserved. Authorised translation
from the English language edition published
by John Wiley & Sons Ltd.

© перевод на русский язык,
"Мир", 1976, 1986

Предисловие редактора перевода

Одной из главных черт современной эпохи является стремительное развитие науки и техники, вызывающее глубокий переворот во всех отраслях производства и оказывающее воздействие на все стороны жизни общества. Современная эпоха характеризуется невиданными ранее темпами и масштабами происходящих перемен. В условиях, когда преобразующая сила общественного производства по своим масштабам стала сравнимой с природными процессами, все острее ощущается необходимость в сознательном контроле и управлении формированием новой, технической среды жизни человека — "второй природы", вносящей существенные изменения во взаимоотношения человека с природой естественной. Со всей остротой встает вопрос о характере тех социальных целей, которые ставит перед собой общество и для достижения которых создаются невиданные ранее научно-технические средства. Общественный прогресс в наши дни — это сложный диалектический процесс взаимодействия целей, используемых средств и достигаемых результатов.

Особую остроту проблеме придает синдром "кризиса цивилизации", о котором пишут многие теоретики общественного процесса на Западе. Современное развитие производства в этих странах, ориентированное только на рост капитала, не гарантирует бесконечного и контролируемого человеком прогресса. Напротив, оно ведет, как вынуждены признавать многие ученые, общественные деятели и деловые люди капиталистических стран, к глубокому кризису. При этом мрачные перспективы развития, присущие конкретно-историческому способу производства, неправомерно относят к человечеству в целом. Человечество, как подчеркивают М. Месарович и Э. Пестель, члены Международной неправительственной некоммерческой организации Римский клуб, оказалось перед фактом множества беспрецедентных кризисов народонаселения, окружающей среды, пищевого, энергетического, сырьевого и др. Их "подлинные решения с очевидностью взаимозависимы; в совокупности все множество кризисов образует один глобальный синдром кризиса мирового развития"¹⁾.

По мнению американского социолога и публициста О. Тоффлера, неспособность учесть быстро меняющиеся условия и приспосабливаться к ним, неспособность, названная им "шоком будущего", является основной причиной кризисных ситуаций, преодолеть которые, как он считает, не может государственно-монополистический капитализм.

¹⁾ Mesorovic M., Pestel E., Mankind at the turning point, The Second Report to Club of Roma N. Y., 1974, p. 2.

На Западе создаются исследовательские центры и организации, теоретическая и практическая деятельность которых направлена на изучение перспектив развития человеческой цивилизации и решение глобальных проблем современности; к их числу относится и упомянутый Римский клуб.

Глобальные проблемы, касающиеся судеб всего человечества, характеризуются чрезвычайной сложностью, зависимостью от большого числа разнородных факторов — природных, технических, экономических, политических, социальных, культурных. Острота этих проблем определяется противоречиями современного капитализма, которые лежат в основе кризисных процессов, свойственных современной западной цивилизации. Не поднимаясь до осознания этих противоречий, названные организации, как правило, предлагают средства и методы преодоления кризисных явлений, отличительной чертой которых являются утопичность и бесперспективность. Обращая внимание на классовую ограниченность предлагаемых проектов, следует отметить и определенные аспекты глобальных моделей, в которых содержится значительный и весьма интересный эмпирический материал. Стремления Римского клуба, Международного института прикладного системного анализа и других организаций развенчать технократические иллюзии и пробудить сознание людей, не задумывающихся над последствиями своей недальновидной деятельности, имеют много общего и оказывают определенное влияние на осмысление кризисных явлений во многих сферах капиталистического общества. Под явным влиянием положений первого исследовательского проекта Римского клуба, опубликованного под названием "Пределы роста" и получившего на Западе звучную характеристику "неопровержимой библии для многих людей", находится и Дж. К. Джонс. Для предотвращения мировой катастрофы, считают авторы этого доклада, необходимо прежде всего принять меры по регулированию и стабилизации как численности населения, так и роста капитала при обеспечении необходимого объема сельскохозяйственного производства, потребления ресурсов на душу населения и допустимого уровня загрязнения окружающей среды¹⁾. В полном соответствии с такой постановкой вопроса находятся некоторые положения одной из последних работ Дж. К. Джонса. Ему явно импонирует идея отрицательного роста или, точнее, запланированного экономического спада промышленно развитых стран. Почему бы не попытаться ликвидировать пропасть, идя сверху вниз? Такова суть вопроса, который формулируется в работе Дж. К. Джонса²⁾.

Интерес к методологическим проблемам общенаучного и специально научного характера отмечается, констатирует Дж. К. Джонс, в целом ряде областей промышленной деятельности, таких, как административное управление, технология производства, бухгалтерский учет, сбыт, а также во многих сферах, не связанных с промышленностью: в театре, изобразительном искусстве, музыке, литературе, философии, естественных науках, библиотечном деле, общественной деятельности, педагогике, военном деле. Такой интерес к методологическим проблемам обусловлен прежде всего объективными процессами научно-технической революции в условиях капитализма, которая в максимальной степени развивала основные характеристики этого способа производства — обеспечение ближайшего непосредственного эффекта производства и потребления и пренебрежение его отдаленными последствиями. В этой связи появляются симптомы разочарования и сомнений в утилитарно-техническом понимании соотношения теории и практики, которое доминирует на Западе. "Речь идет об овладении исторически новым типом рациональности, возникающем в результате диалектического

1) Лейбин В. М. "Модели мира" и образ человека. Критический анализ идей Римского клуба. — М.: Политиздат, 1982. — 253 с.

2) Jones J. C., *Essays in design*, N. Y., Toronto, etc., 1984, p. 334.

преодоления разнообразных философско-гносеологических концепций, свойственных философии и культуре буржуазной эпохи. Необходимость такого овладения вытекает из потребностей, с одной стороны, коренящихся в общественном бытии, а с другой — порождаемых относительно имманентным развитием науки. Если В. И. Ленин в начале XX в. констатировал, что кризис теоретической физики может быть преодолен сознательным переходом ученых на позиции диалектического материализма, то сегодня этот вывод имеет еще более актуальное значение”¹⁾.

В этой связи показательна история становления системного подхода — направления методологии специально-научного познания и социальной практики, в основе которого лежит исследование совокупностей объектов как систем. Системный подход неразрывно связан с фундаментальными идеями материалистической диалектики, что нередко признают и многие ученые Запада. Системный подход и анализ, получившие широкое распространение в 50–60-е годы, во многом определили разработку в этот же период новых методов проектирования. Они имеют много общего и с проблемой принятия решения, которая порождена развитием человеческой деятельности в условиях неопределенности и конфликта. Правда, Дж. К. Джонс замечает, что думать о проектировании как о ”решении проблемы” — это значит использовать довольно застывшую метафору применительно к живому процессу и забыть, что проектирование нацелено не столько на исправление status quo, сколько на осознание новых возможностей и выявление нашего отношения к ним.

Интерес к методологическим проблемам общенаучного и специально-научного характера обычно резко возрастает в период наступления кризисных явлений в развитии той или иной сферы профессиональной творческой деятельности, как это имело место, например, в архитектуре в 50-е годы. Профессиональный кризис в этой области определялся прежде всего социально-экономическими причинами, обусловленными неспособностью обычными средствами решить заявленную в Афинской хартии кардинальную проблему архитектуры — обеспечение высококачественным массовым жильем населения промышленно развитых стран. Рассматривая архитектуру как действенное средство решения социальных преобразований, один из видных архитекторов и теоретиков Запада И. Фридман развивает в то же время идеи и методы научного подхода к проектной деятельности²⁾. Такой подход не являлся чем-то исключительным только для архитектуры, а в 50 — 60-е годы стал заметным явлением во многих сферах проектной деятельности. При этом само понятие ”проектирование” претерпело значительные изменения за последние десятилетия.

”Наряду с традиционными, — отмечает Дж. К. Джонс, — появились совершенно различные по своему содержанию виды проектирования: 1) проектирование как процесс разработки не отдельных предметов, а целых систем (аэропорты, транспорт, супермаркеты, радиопрограммы, программы обучения, банковские системы, компьютеры); 2) проектирование как соучастие, как включение общества в процесс принятия решения; 3) проектирование как творчество, потенциально присущее каждому; 4) проектирование как учебная дисциплина, синтезирующая искусство и науку и, возможно, идущая дальше, чем то и другое порознь; 5) проектирование без объекта как процесс или образ самой жизни...”³⁾.

Констатируя появление новых содержательных аспектов проектирования, Дж. К. Джонс формулирует следующий вопрос: что же случилось с

1) Человек — наука — техника (Опыт марксистского анализа научно-технической революции). — М.: Политиздат, 1973. — 288 с.

2) Фридман И. Научные методы в архитектуре: Пер. с англ. — М.: Стройиздат, 1983. — 159 с.

3) Jones J. C., *Essays in design*, N. Y., Toronto, etc., 1984, p. X.

”профессиональным” проектированием, затерявшимся в этой пестрой толпе? Уж не поддались ли проектировщики распространенному ныне стремлению к ”научности”, к специализации и кооперации и в результате не утратили ли свои специфические черты? Ответ автора категоричен: ”Конечно, да. Да, потому что проектирование переросло рамки таинственного умения чертить и зримо представлять себе ситуации будущего. Да, потому что непроецировщики вынуждены теперь строить свою деятельность на промышленной основе, с широчайшим использованием систем человек — машина”.

Первоначально новые методы проектирования разрабатывали отдельные ученые и специалисты, которые работали, как отмечает Дж. К. Джонс, в разных сферах проектирования или в новых междисциплинарных отраслях, таких, как исследование операций, эргономика или анализ трудовых процессов. Анализируя эволюцию собственных взглядов на проектирование, Дж. К. Джонс следующим образом характеризует первоначальный этап: ”В 40-е годы . . . я начал объединять проектное мышление с объективными или научными фактами о деятельности человека. Это то, что сейчас называют эргономикой”¹⁾.

В 60-е годы ситуация изменилась. Состоялось много конференций по методам проектирования и смежным проблемам. Открывая одну из первых конференций, состоявшуюся в 1962 г. в Лондоне, Д. Г. Кристоферсон (D. G. Christopherson) подчеркнул, что она проходит в условиях достаточно интенсивной разработки новых идей в инженерном конструировании и выявления их влияния на другие сферы проектирования. Особое внимание он уделит вопросам подготовки проектировщиков нового типа²⁾. Собственно эти проблемы и составляют основное содержание книги Дж. К. Джонса. Достоинство книги состоит в том, что в ней предпринята достаточно серьезная попытка раскрыть и обосновать важное принципиальное положение. ”Появление новых методов свидетельствует о том, — пишет автор, — что все мы стремимся найти не только новые приемы, но и новые цели, выйти на новые рубежи. Традиционные методы были нацелены на изменения частного, локального характера, новые же методы, по-видимому, направлены на улучшение всей ситуации в целом — с одной стороны, выходя за пределы, которые были доступны традиционным методам, а с другой — проникая в область личного опыта, внутреннего мира человека”.

Развивая это положение, Дж. К. Джонс, естественно, сталкивается с серьезными трудностями методологического характера. Автор относит себя к числу лиц, ”стремящихся установить коллективный контроль над эволюцией искусственной среды”. Одним из эффективных инструментов такого контроля, по мысли Дж. К. Джонса, призвано стать проектирование, новые методы которого рассматриваются им ”как грубые, но важные шаги к воссоединенному процессу метапроектирования, который, видимо, станет существенной отличительной чертой эволюции искусственной среды 70 — 80-х годов нашего века”. Джонс наивно верит, что проектирование позволит разрешить основные, жизненно важные проблемы развития капиталистического общества. Поэтому английскому ученому не удалось избежать того, что характерно для планов социального преобразования в современном капиталистическом обществе, которые, по образному выражению авторов уже упоминавшейся монографии ”Человек — наука — техника”, ”осциллируют” между полюсами прагматической эффективности и утопического идеологизирования. Новаторская деятельность на уровне проектирования больших систем, подчеркивает Дж. К. Джонс, предпола-

1) Jones J. C., *Essays in design*, N. Y., Toronto, etc., 1984, p. 15.

2) *Conference on Design Methods*. Pergamon Press, Oxford — London — New York — Paris, 1963, pp. 1 — 10.

гает свободу радикального изменения не только компонентов, из которых состоит изделие, но и видов изделий, из которых складывается новая система, и организации социальной сферы, которой призвана служить новая система. Самым явным признаком необходимости более совершенных методов проектирования и планирования, считает автор, является наличие в промышленно развитых странах крупных неразрешенных проблем, возникающих в связи с применением искусственно созданных предметов. В качестве примеров приводятся проблемы развития больших городов и хронический дефицит таких социальных услуг, как медицинское обслуживание, народное образование, предотвращение и раскрытие преступлений и др. Однако в последней из своих работ Дж. К. Джонс делает красноречивое признание: "Конечно, сейчас я бы согласился с тем, что было наивно предполагать, что методы сами по себе ликвидируют вековые ошибки промышленной революции"¹⁾.

В целом ряде развиваемых в книге Дж. К. Джонса положений достаточно четко просматривается влияние концепции "постиндустриального общества", в которой находит отражение явное стремление ее авторов (Д. Белла, Г. Кана, Ж. Ж. Серван-Шрейбера и др.) подменить социальные революции технологическими переворотами. Помимо теории "единого индустриального общества" Джонсу импонируют, как нетрудно заметить, и некоторые черты религиозного варианта конвергенции, пропагандируемого тейярдизмом — особым направлением в современном католицизме, получившим название по имени его зачинателя, известного французского палеонтолога и теолога Пьера Тейяра де Шардена (1881—1955). Испытывая, по-видимому, определенные симпатии к "религиозному оптимизму" тейярдизма, пытающегося слить воедино естественнонаучный и религиозный подходы к истолкованию проблемы будущего общества, Джонс в целом ряде рассуждений об общих проблемах проектирования упоминает религию и говорит о якобы имеющем место "оживлении интереса к вопросам веры даже со стороны "убежденных атеистов" "

Поддерживая целый ряд технократических утопий и иррациональных проектов социальных преобразований капиталистического общества, Дж. К. Джонс одновременно осознает, что в буржуазном обществе заказчику — владельцу средств производства безразличны те дополнительные преимущества или серьезные недостатки, которые выявляются уже после продажи изделия или осуществления нововведений. Например, чтобы сократить время пребывания авиапассажиров в пути, нужны, возможно, не столько быстроходные средства транспорта для связи между городом и аэропортом, сколько преобразование и изменение систем регистрации билетов, таможенного досмотра и взвешивания багажа таким образом, чтобы эти операции производились во время движения пассажиров. Такое решение потребовало бы радикального пересмотра конструктивных форм самолетов, автобусов, аэропортов и других объектов и систем. "Авиапассажиры получили бы огромную выгоду, — заключает Джонс, — сократив общее время нахождения в пути примерно вдвое, но многочисленные организации, которым пришлось бы проводить столь значительную перестройку, вряд ли получили бы за нее какую-нибудь компенсацию".

Таким образом, цель современного проектирования, которая, по Джонсу, уже не ограничивается разработкой чертежей конструкции, одобряемой заказчиком и реализуемой производителями, а состоит в ориентировании и организации "проектирования как процесса, полагающего начало изменениям в искусственной среде", оказывается утопичной. Другими словами, цель проектирования новая, а причины сдерживания ее реализации прежние: несовместимость с ограниченными, близорукими

¹⁾ Jones J. C., *Essays in design*, N. Y., Toronto, etc., 1984, p. 32.

требованиями роста прибыли капитала. Принципиально иные условия для реализации новых методов проектирования складываются в социалистическом обществе, где системный анализ явлений и всех последствий, вытекающих из разработки и реализации проекта, должен быть центральным звеном в работе коллективов проектировщиков.

Многие коллективы ученых и проектировщиков нашей страны, как, например, Всесоюзный НИИ системных исследований, Всесоюзный НИИ технической эстетики и др., не только используют в своей деятельности новые методы проектирования, но и творчески их развивают и обогащают. Поэтому основное содержание книги, которая задумана как практическое пособие, а не общеполитическое эссе о целях проектирования, и содержит конкретную и обстоятельную характеристику новых методов проектирования, представляет для проектировщиков, ученых и других специалистов нашей страны безусловный интерес. Широкое применение новых методов, объектом которых является не столько проектирование в общепринятом смысле этого слова, сколько мыслительная деятельность, предшествующая выполнению чертежей и проектов, призвано способствовать всемерному повышению творческой активности и эффективности труда конструкторов и проектировщиков. В этой связи удачно выбран эпиграф к четвертой главе, содержащей обзор новых методов: "Мысль способна мечтать о том, чего мечта не способна осмыслить". Использование позитивного опыта техники проектного мышления, накопленного учеными и специалистами многих стран, и есть одно из конкретных проявлений органического соединения достижений научно-технической революции с преимуществами социализма. Новые методы — одно из средств развития у проектировщиков того, что болгарский ученый Н. Стефанов называет умением овладевать и управлять диалектикой противоречий¹⁾.

Общедоступность книги Джонса (создающая иногда иллюзию научно-популярного издания), в которой раскрывается содержание системотехнических методов анализа в проектировании разнообразных современных комплексов, является одним из важных ее достоинств и подтверждает репутацию автора как талантливого педагога и консультанта-проектировщика. В этом убеждаешься лишний раз, когда в данном издании автор самокритично замечает, что успешно использовать новые методы, как он осознал, гораздо труднее, чем ему казалось ранее, в первоначальный период работы над книгой.

Глубокие, основательные познания Джонса в новейших научных дисциплинах и сферах практической деятельности позволили ему обобщить обширный круг современных системных методов проектирования, разработчиками которых в подавляющем большинстве являются выдающиеся проектировщики и ученые, а также целые коллективы. Труд Дж. К. Джонса можно по достоинству оценить, если принять во внимание, что он создавался в условиях, когда еще не были разработаны общая теория или хотя бы свод правил, которые можно использовать при отборе и объединении методов проектирования. Джонс вносит существенный вклад в разработку теории и практики проектирования, способствуя тем самым переводу его на качественно новый уровень развития, в котором органически сочетаются традиции и новаторство.

Предлагаемая советскому читателю книга — одна из лучших среди тех (не случайно она выдержала уже восемь изданий и переведена на многие языки), цель которых, по определению американских ученых Д. Мейстера и Дж. Рабидо, состоит в преодолении "культурного отставания" проекти-

1) Стефанов Н. Научен подход и социална ситуация. — София: Партиздат, 1983. — 242 с.

ровочного дела¹⁾. Все возрастающая популярность книги Джонса в какой-то мере объясняется и тем фактом, что в высших учебных заведениях промышленно развитых стран образованию будущих инженеров в области социальных и гуманитарных наук уделяется в последнее время большое внимание. Тенденция сама по себе достаточно примечательная, даже если иметь в виду четкую классовую идеологическую направленность этой части инженерного образования. Происходит определенная гуманитаризация научно-технического мышления.

Через призму новых методов явно просматривается развиваемое Джонсом положение — проектирование как обучение, на котором основано содержание книги в целом. Каждый из описанных методов характеризуется как способ ответа на один из вопросов, на который нужно ответить, чтобы перейти от незнания, с чего все начинается, к осознанию нового, чем все кончается. Зачастую процесс проектирования заканчивается мыслью о том, что "если бы знать все это с самого начала, то спроектировали бы все по-другому". Одно из основных назначений новых методов — избежать "слишком позднего понимания". "Важнейшим пунктом моего доклада является то, — говорил Джонс в 1978 г., — что для изобретения чего-либо нового и для его использования нужно изменить не только чье-либо (или свое) окружение, но и самого себя и способ своего восприятия и, возможно, слегка изменить и саму реальную действительность"²⁾.

Обращаясь к проблеме сотрудничества различных специалистов и ученых, Дж. К. Джонс подчеркивает, что только преодолевая межличностные барьеры, можно использовать все богатство человеческого опыта и знаний для осуществления все более насущной и актуальной задачи планирования и проектирования искусственной среды будущего. Главное требование состоит в том, чтобы всякий, кто вступает в междисциплинарное сотрудничество, достаточно ясно понимал критерии, которыми руководствуются в своих решениях его коллеги. Новые методы проектирования и призваны способствовать коллективному творчеству. Важный момент заключается в том, что они позволяют сотрудничать до возникновения концепции, сформулированной идеи, случайного эскиза, до появления "проекта". Верно используемые новые методы освобождают каждого от тирании навязанных проектных идей и позволяют каждому внести вклад и действовать наилучшим образом так, как он себе это представляет. "Переосматривая свои теперешние мысли о проектировании, — писал Джонс в 1983 г., — я обращаю внимание не столько на конкретные методы, сколько на трудности организационные и процесса мышления, которые возникают, когда проектирование выходит за рамки опыта какого-либо одного человека или всех, вовлеченных в него"³⁾.

Книга состоит из двух частей. В ч. I, содержащей шесть глав, рассматриваются эволюция процесса проектирования, логика и история возникновения основных его методов, взаимосвязь между ними. В ч. II последовательно излагается существо 35 основных современных методов проектного (и предпроектного) анализа и синтеза.

Гл. I посвящена всестороннему рассмотрению целей, задач и методов проектирования в их историческом развитии. До сих пор нет общепринятого определения рода деятельности, который называется столь привычным и часто встречающимся термином "проектирование". Приводя многие примеры попыток определения процесса проектирования, предпринятых толь-

¹⁾ Мейстер Д., Рабидо Дж. Инженерно-психологическая оценка при разработке систем управления: Пер. с англ. — М.: Сов. радио, 1970, с. 328.

²⁾ Jones J. C., *Essays in design*, N. Y., Toronto, etc., 1984, p. 127.

³⁾ Jones J. C., *Essays in design*, N. Y., Toronto, etc., 1984, p. 203.

ко в последние 10 — 15 лет, Джонс показывает, насколько разнятся представления о проектировании в части как оценки доли творческих компонентов этой деятельности, так и ее общественных целей и места, роли применения в ней научно-исследовательских приемов и т. д.

Все это говорит о трудности определения целей, объектов и методов проектирования, порождаемой беспрестанным развитием общества, техники, сфер и видов человеческой деятельности, организацию которых хотя бы частично охватывает проектирование. Сюда относится не только создание новых изделий, их комплексов и крупнейших производственных автоматизированных систем управления, но и, скажем, градостроительство и глобальные мероприятия по освоению природных ресурсов и охране природы целых районов планеты. Необходимость поиска в процессе проектирования наиболее эффективного решения столь сложных и ответственных вопросов вызвала к жизни появление новой методологии.

Множественность и сложный характер тех изменений в искусственной среде, начало которым кладет проектирование, их значительная отсроченность по отношению к моменту начала и течению собственно процесса проектирования — все это требует не только применения новой методологии, но и участия большого числа высококвалифицированных специалистов в коллективной разработке проектов. Основные задачи перемещаются из области разработки конкретных объектов и изделий в сферу анализа и предсказания тех изменений, которые выпуск проектируемой продукции вызовет в промышленном производстве, сбыте, потребительском спросе и обществе в целом.

Автор рассматривает в этой главе также соотношение проектирований как специфических видов деятельности и творчества в области науки и искусства. Предупреждая против отождествления проектирования с искусством, естественными науками и математикой, Джонс отмечает, что это сложный вид деятельности, в котором успех зависит от правильного сочетания всех этих сфер творчества. Обращая внимание на важное значение творчества и интуиции в проектной деятельности, Джонс замечает, что он в этом отношении учится у поэзии, музыки, театра и кино¹⁾.

Гл. 2 посвящена истории развития традиционных методов проектирования. Начало им положили кустарные промыслы, давшие немало удивительных конструкторских находок, накапливавшихся постепенно и бережно передававшихся из поколения в поколение. Особенность следующей стадии проектирования состояла в том, что совершенствование изделий эмпирическим методом проб и ошибок в процессе их изготовления самим разработчиком было в основном заменено "экспериментированием" на чертежах, представляющих собой масштабные зрительные модели изделий и средства передачи основных конструктивных данных от разработчиков к изготовителям и последующим разработчикам.

В гл.3 обосновывается историческая неизбежность возникновения новых методов и указывается на те трудности, которые возникли при их широком освоении в практике проектирования. Столкновение с трудностями в применении системного метода, предусматривающего охват максимального числа факторов при поиске оптимального конструктивного решения, и предсказание основных связей, которым окажется подчинен процесс существования и эксплуатации проектируемого изделия или системы, зачастую приводят к тому, что проектировщик испытывает беспокойство за сроки выполнения и за самую возможность завершения работы, отказывается от новой прогрессивной методологии, так и не освоив ее и не осознав ее принципиальных преимуществ, и возвращается к традиционным методам проектирования. Таким образом, из-за недостатка настойчивости или неполноты состава комплексного проектного коллектива вообще

¹⁾ Jones J. C., *Essays in design*, N. Y., Toronto, etc., 1984.

утрачивается перспектива достижения оптимальной, а порой даже и сколько-нибудь приемлемой структуры сложной проектируемой системы и конструкции составляющих ее элементов. В результате откладывается, например, решение таких важнейших современных проблем, как ликвидация дорожно-транспортных происшествий и заторов в городском транспорте, устранение шума и загазованности воздуха в крупных городах, и других проблем, многие из которых, как указывает Джонс, являются следствием неумения людей предвидеть все последствия внедрения новых изделий.

В гл. 4 дается обзор новых методов проектирования. Новые методы позволяют как бы представить (пусть грубо и приближенно, но в явной, "объективированной" форме) творческий процесс, включенный в проектирование. Во всех случаях используется некоторая принципиальная схема, позволяющая разделить общую сложную задачу проектирования на подзадачи с точным указанием взаимосвязей между ними.

С точки зрения анализа и формализации деятельности автор рассматривает проектировщика то как "черный ящик", на выходе которого возникает загадочное явление "озарения", открывающее принципиально новые пути решения поставленных задач, то как "прозрачный ящик", в котором происходит логический процесс, полностью поддающийся формализации. Первый из названных аспектов анализа деятельности проектировщика основывается в книге на исследованиях известных психологов и теоретиков проектирования Осборна, Гордона, Бродбента, Ньюмена, Бартлетта, Пиаже и других. При объяснении психологических механизмов творчества Джонс иногда делает уступки модным на Западе фрейдистским концепциям, слишком упрощенно считая причиной негибкости мышления "груз неразрешенных конфликтов". Наряду с широко известным советскому читателю методом интенсификации коллективной творческой деятельности, получившим название "мозговая атака", Джонс подробно описывает другой эффективный метод — синектику.

Случаи, когда полезно применение метода описания деятельности проектировщика как "прозрачного ящика", характеризуются следующими условиями: наличием заранее известных целей, параметров и критериев оценки; проведением предварительного предпроектного анализа; последовательной логической обоснованностью результатов предпроектного анализа; наличием фиксированной стратегии, представленной определенными комбинациями последовательных, параллельных, условных и циклических операций.

Большое внимание Джонс уделяет анализу особенностей деятельности проектировщика как самоорганизующейся системы. Этот аспект рассмотрения позволяет ему подойти к пониманию одного из центральных объективных противоречий в методологии проектирования. С одной стороны, проектировщику в ходе поиска оптимального решения приходится вырабатывать большое число вариантов. При этом он не может производить среди них выбор интуитивно на основе имеющегося у него опыта из-за опасности отбросить оригинальное нестандартное решение, но не может также проводить и строгое сопоставление вариантов из-за отсутствия формализованного представления целей и критериев отбора, что необходимо для программированного поиска оптимального решения.

Джонс подводит экономическую базу под постановку основных исследовательских задач, связанных с проектированием, и неоднократно повторяет, что дорогостоящие усилия на поиск ответа на возникший в ходе проектирования вопрос стоит затрачивать только в том случае, если "убытки от незнания превышают затраты на приобретение знания". Вслед за этим автор логично переходит к задачам распределения заданий в соответствии с возможностями исполнителей, отыскания полезных источников информации, исследования взаимосвязей между изделием и средой.

Гл. 5 посвящена рассмотрению методов поэтапного решения главных проектных задач. Автор выделяет три этапа проектирования, которые он называет дивергенцией, трансформацией и конвергенцией; цель этапов, содержание которых подробно раскрывается в этой главе, состоит в подготовке к проектированию на уровне системы как единого целостного процесса.

Во многих областях возможность такого разделения по разным причинам весьма проблематична. В связи с этим возникает необходимость воссоединения, восстановления единства различных аспектов и стадий проектирования при условии сохранения, однако, всех преимуществ новых методов проектного анализа и синтеза. Основу такого воссоединения Джонс видит в дальнейшем развитии теории управления и организации, разработке машинных языков высокого уровня, повышении интереса проектировщиков к гуманитарным проблемам научно-технической революции.

Наиболее реальной перспективной основой воссоединения стадий проектирования представляется дальнейшее развитие методов автоматизированного проектирования с диалоговым взаимодействием человека и ЭВМ. Положения Джонса созвучны развиваемой Х. Сайманом интегрированной теории решения задач человеком и ЭВМ.

Наконец, в гл. 6 проводится анализ основных стратегий проектирования, среди которых автор выделяет и сравнивает между собой адаптивные стратегии и случайный поиск при условии применения некоторого набора методов управления стратегиями.

Часть II книги посвящена изложению 35 методов проектирования, частично предложенных автором, в основном же заимствованных из литературы. Многие методы приводятся под теми названиями, которые они получили при разработке. Если же такого названия нет или оно не соответствует содержанию метода, автор предлагает свой вариант названия. Каждый метод иллюстрируется одним или несколькими примерами. Некоторые из них тривиальны или до предела упрощены, чтобы яснее показать сущность разбираемого метода.

В гл. 7 рассматриваются: так называемые готовые стратегии, в том числе упорядоченный (систематический) поиск, основанный на применении теории решений; стоимостный анализ; системотехника; проектирование систем человек — машина; определение границ поиска; стратегия Пейджа, направленная на интенсификацию операций по анализу и оценке промежуточных проектных решений. Сюда же отнесена стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов.

Гл. 8 посвящена таким методам управления стратегией проектирования, как "Переключение стратегии" и "Фундаментальный метод проектирования Мэтчетта" (FDM). Назначение первого из этих методов состоит в эффективном использовании наряду с организованным и планомерно вырабатываемыми идеями тех мыслей, которые спонтанно возникают у любого разработчика в связи с текущим проектом. Систематическое исследование этих спонтанных мыслей предполагает возможность полного изменения ("переключения") всей стратегии проектирования, если исследования выявят их преимущества по отношению к основным идеям проекта.

Цель этого метода проектирования, предложенного в начале 60-х годов американским ученым Мэтчеттом и развитого им в дальнейшем совместно с Бриггсом, состоит в том, чтобы научить проектировщика мыслить "системно", постоянно контролируя свои мысли с точки зрения общей цели проекта и соотнося их со всеми аспектами и факторами ситуации проектирования. В книге описываются следующие "режимы мышления": мышление стратегическими схемами, в параллельных плоскостях, с нескольких точек зрения и в основных элементах. Все эти термины новы, они

пришли из практики проектирования, и их психологический анализ и уточнение еще предстоит провести. Джонс выходит из этой затруднительной ситуации, как и во всех других подобных случаях, за счет того, что отказывается от попыток дать точные определения, а учит читателя на примерах, подаваемых им всегда с большим мастерством и изобретательностью. Здесь сказывается большой опыт автора как педагога и консультанта-проектировщика.

В гл. 9 излагаются методы исследования проектных ситуаций, применяющиеся в основном на стадии дивергенции. Здесь описаны методы формулирования основной исходной задачи, поиска и анализа литературных источников, выявления визуальных противоречий, интервьюирования и анкетирования потребителей, проведения системных испытаний, обобщения данных о проектной ситуации.

В гл. 10 описываются методы поиска идей на стадиях дивергенции и трансформации: метод "мозговой атаки" (или "мозгового штурма"), синектика, метод своевременного выхода из первоначально казавшейся очевидной, но на самом деле тупиковой области поиска проектных решений. Обсуждается также применение морфологических карт как средства расширения области поиска эффективных решений.

Гл. 11 посвящена методам исследования структуры проблемы на проектной стадии трансформации, в том числе применению матрицы сетей взаимодействия, анализу взаимосвязанных областей решений (AIDA), трансформации системы, изобретательству (функциональному и основанному на смещении границ поиска). Здесь изложены также принципы классификации проектной информации и определения компонентов по Александру. Последний метод направлен на поиск специфических переменных компонентов структуры системы, особенно остро реагирующих на изменения среды.

В гл. 12 приведены методы оценки проектных решений на стадии конвергенции, использующие перечни контрольных вопросов, направленные на отбор адекватных системных и частных критериев эффективности и надежности представленных вариантов проектных решений.

В данное издание вошли материалы, в которых получают дальнейшее развитие или уточняются некоторые положения книги. Приводятся дополнительные рекомендации по использованию новых методов проектирования на практике.

С тем чтобы преодолеть трудности, связанные с использованием рассмотренных методов, Джонс предлагает начинать с обращения только к двум методам: "мозговой атаке" и "классификации", поскольку оба этих метода могут эффективно применяться для решения почти любой проблемы, тем более что они в той или иной степени включают многие из аспектов других методов. Примененные вместе, эти два метода позволяют достаточно быстро охватить проблему в целом.

Сильная сторона книги в ее энциклопедичности, так как она дает достаточно полную картину современного уровня проектного анализа, что представляется чрезвычайно важным для решения сложных проблем, имеющих непосредственное отношение к современному производству, в условиях которого решающей стадией при создании массовой промышленной продукции является проектирование, а при создании сложных систем — разработка общей концепции.

Введение

Эта книга — первая попытка выяснения и изложения новых методов проектирования, появившихся как реакция на повсеместную неудовлетворенность традиционными приемами. Описанные здесь методы возникли в основном за последние 10–20 лет. Одни из них были заимствованы из смежных дисциплин, другие созданы заново. Создатели этих методов действовали изолированно друг от друга — они работали в разных сферах проектирования или в новых междисциплинарных областях, таких, как исследование операций, эргономика или анализ трудовых процессов. Только во время конференций по методам проектирования, состоявшихся в Лондоне (1962 г.), Бирмингеме (1965 г.) и Портсмуте (1967 г.) [1–3], эти исследователи узнали друг о друге, а их работа привлекла внимание проектировщиков, преподавателей и студентов инженерных специальностей, которые стремились добиться большей управляемости процессов проектирования. Аналогичные конференции состоялись в США и СССР. Когда же в Англии появилось Общество исследования процессов проектирования (Design Research Society), а в США — Группа методов проектирования (Design Methods Group), все заинтересованные лица получили возможность вступать в регулярные контакты друг с другом.

Такой интерес к методологии¹⁾ отмечается не только в области проектирования; в последние десятилетия он ярко проявляется и в других областях промышленной деятельности, таких, как административное управление, технология производства, бухгалтерский учет, сбыт, а также во многих сферах, не связанных с промышленностью: в театре, изобразительном искусстве, музыке, литературе, философии, естественных науках, библиотечном деле, общественной деятельности, педагогике, военном деле. Новые методы, возникшие в этих областях, известны под такими названиями, как "исследование операций", "анализ трудовых процессов", "дисконтирование денежных потоков", "исследование рынка", "система Станиславского", "ташизм" в живописи, "серийная музыка", литература "потока сознания", "структурная лингвистика", "наукоеведение", "информационный поиск", "групповая динамика", "программированное обучение", "деловые игры" и т. п. Появление новых методов свидетельствует о том, что все мы стремимся найти не только новые приемы, но и новые цели, выйти на новые рубежи. Традиционные методы были нацелены на изменения частного, локального характера; новые же методы

¹⁾ Имеется в виду не философский, а специально научный уровень методологии. — *Прим. ред.*

по-видимому, направлены на улучшение *всей ситуации в целом* — с одной стороны, выходя за пределы, которые были доступны традиционным методам, а с другой стороны, проникая в область личного опыта, "внутреннего мира" человека.

Цель этой книги — дать разработчикам-практикам и студентам обзор новых методов проектирования и примеры их применения. Книга может оказаться интересной также и для тех, кто изучает психологию творчества и пути технического прогресса. В ч. I, озаглавленной "Развитие процесса проектирования", предпринимается попытка сопоставить новые методы друг с другом, с новыми задачами, для решения которых они созданы, и с традиционными методами, на смену которым они идут. Часть II, "Методы проектирования в действии" — это своего рода руководство по 35 новым методам, каждый из которых поясняется на реальном или гипотетическом примере его применения.

Пытаясь самостоятельно применить эти методы, читатель, может быть обнаружит, что ему не достает некоторых навыков, которые обычно сильно развиты у ученого или писателя, но зачастую недостаточно отработаны у проектировщика. В этом нет ничего удивительного — ведь многие из этих методов заимствованы из таких областей, как программирование для ЭВМ, психология и психотерапия, теория цепей, общая теория связи. Новые методы проектирования действительно требуют от разработчика иной подготовки, чем традиционные. Важно, чтобы это знали не только проектировщики, почувствовавшие вкус к методологии, но и представители иных специальностей, пытающиеся применить свои знания для решения задач проектирования.

Эта взаимная неосведомленность представителей различных специальностей о специфике требуемой подготовки приводит к двоякого рода последствиям. Проектировщики не осознают, что им надо научиться отличать утверждение, которое *они считают* истиной, от утверждения, истинность которого *может быть доказана*, а ученые в области естественных наук, математики и другие специалисты не сознают, что задача, которая кажется им четко сформулированной, может утратить смысл в новых ситуациях, которые непрерывным потоком проходят перед мысленным взором любого опытного проектировщика. Прежде чем приступить к практическому применению новых методов, проектировщик, желающий преодолеть эту трудность, должен пройти через неприятную для себя процедуру: изложив на бумаге свои мысли, представить их на отзыв ученому, работающему в области естественных наук, математику или писателю-профессионалу. Без такой "обратной связи" он никогда не научится объективно оценивать свои замыслы. Представители других профессий, стремящиеся применить свои специальные знания к решению задач проектирования, должны, прежде чем предпринять первую попытку, хотя бы раз добиться глубокого проникновения в тот сложный и нестабильный образ мышления, который характерен для проектирования. Им можно посоветовать, например, создать рабочий проект здания, исходя из заранее установленной суммы затрат, и передать его архитектору или строителю для непредвзятой оценки. Так же как для проектировщика, выносящего письменное изложение своих мыслей на суд ученого-естественника, математика или писателя, это будет медленный и мучительный процесс, но он может очень многому научить.

Заканчивая эти советы по "самосовершенствованию", следовало бы сделать следующее замечание. Многим из тех, кто создавал описанные здесь методы, повезло: они имели практический опыт в проектировании и, кроме того, работали в какой-то "непроектной" области: естественных науках, математике, вычислительной технике, в области анализа трудовых процессов или в области литературы. Трудно ожидать, чтобы невидимые,

но сложные барьеры между разными профессиями и специальностями можно было преодолеть одной лишь методологией. Главное требование состоит в том, чтобы всякий, кто вступает в междисциплинарное сотрудничество, достаточно ясно понимал критерии, которыми руководствуются в своих решениях его коллеги. Тогда на смену взаимному непониманию узких специалистов придут обширные и во многом совпадающие интересы специалистов широкого профиля. Только так можно преодолеть межличностные барьеры и использовать богатство человеческого опыта и знаний для осуществления все более насущной и актуальной задачи планирования и проектирования искусственной среды будущего.

Максфилд, январь 1969 г.

Дж. К. Джонс

Я обязан многим авторам и коллегам за ряд идей, изложенных в ч. I книги, и надеюсь, что, обнаружив здесь свое влияние, они простят мне скудость ссылок на источники. Академический стиль изложения с указанием всех источников и с оговариванием всех условий сделал бы книгу не столько более полезной, сколько более скучной; при современном состоянии вопроса она может представлять собой лишь изложение личных взглядов автора на старые и новые методы проектирования.

Авторы методов, описанных в ч. II, указаны после описания каждого метода. Более подробные сведения приведены в списке литературы. Описания многих методов были еще в рукописи представлены на отзыв специалистам, из числа которых любезно ответили: д-р Кристофер Александер, д-р Брюс Арчер, Джоффри Бродбент, д-р Доналд Кардвелл, Г. Дейвис, У. Дж. Дж. Гордон, Сидней Грегори, А. Д. Холл, Питер Холл, Джек Хау, Эндрю Джуэлл, Питер Левин, Джон Лакерман, Эдвард Мэтчетт, Алан Марри, Кеннет Норрис, проф. Джон Пейдж, проф. У. Т. Синглтон. Надеюсь, их удовлетворит этот окончательный вариант книги.

* * *

На разрешение использовать авторский материал я указываю на тех страницах, где он воспроизведен, а его источник приведен в списке литературы. П. Дж. Букер любезно помог мне получить чертеж судна, воспроизведенный на рис. 2.2.

Я хотел бы поблагодарить Н. Кросса, Д. О'Коннелла и Дж. Брейдвуд за их подробные критические замечания; Б. Кейя, К. Годвина и Р. Табольты, внесших полезные предложения, а также Я. Клементса, Дж. Джонса, Ч. Менка, Ч. Орра, Дж. Пауэлла, Р. Роя и Дж. Вебстер за критические замечания к разным разделам с точки зрения студентов. Я не смог учесть все замечания, но тем не менее благодаря многим из них я избежал ряда ошибок и путаницы.

Расшифровка и печатание рукописи на машинке, неоднократная корректура гранок выполнены Г. Мосс на высоком уровне; было большим удовольствием работать со столь тщательно напечатанным текстом. Машинписный текст был отредактирован С. Биром, и я благодарен ему за многие предложения по совершенствованию текста и дальнейшую с ним работу. Я хотел бы поблагодарить и сотрудников издательства John Wiley & Sons и The Garden City Press, внесших неоценимый вклад в издание книги.

Выражаю признательность Н. Кроссу и Дж. Брейдвуд за присланный ими список опечаток и ошибок, допущенных в предшествующих изданиях. В настоящем издании внесены необходимые исправления.

И наконец, выражаю благодарность семье за поддержку и терпение, проявленные во время моей работы над книгой.

1982 г.

Дж. К. Джонс

Обзор новейших тем

1. Как научиться использовать новые методы

Способы работы с книгой

С чего начинать использование новых методов

Неукоснительность использования новых методов

Обучение методам проектирования

Что такое творчество

2. Как не утонуть в новых методах

Проектирование как обучение

Выбор метода проектирования

Проектирование процесса проектирования

Методика

Путаница

Скачки

Оценка своего собственного процесса проектирования

3. Изучение возможностей

Цели, задачи, задания и т.п.

Взаимосвязь проблемы и решения

АВС, или проектирование по трем шкалам времени

Проектные исследования

Модели

Жизненные эксперименты

4. Проектирование в контексте современной жизни

Неосязаемые проекты

Время

Диапазон

Коллективное проектирование

Включение самого себя в процесс проектирования

Проектирование как процесс

5. Проектирование без проекта

Мы не глина

Чистый проект

Модули

Постмодернизм

Контекстуальное проектирование

Случай

Обзор новейших тем

1. Как научиться использовать новые методы

Темы:

Способы работать с книгой

С чего начинать использование новых методов

Неукоснительность использования новых методов

Обучение методам проектирования

Что такое творчество

Способы работы с книгой

Как и любую поваренную книгу, вряд ли кто-нибудь прочтет эту книгу сразу от начала до конца; нет, ее будут читать по частям постольку, поскольку потребуется узнать, "как это сделать". **Самый простой и быстрый способ** — это прочитать только вопросы, которые должны возникнуть у проектной группы (табл. 1.1) и тем самым выяснить, насколько разносторонен или узко ограничен проект, над которым работает данный проектировщик или их группа.

Следующий простейший способ — это использование критериев, приведенных в разделе 4.4 "Критерии управления проектными работами", для получения ответа на тот же самый вопрос. При **выборе методов** полезно сравнить их цели, перечисленные в начале каждой главы в ч. II книги. **Пытаясь овладеть методом или схемой**, которые даны в книге, начните разбирать их последовательно шаг за шагом до тех пор, пока вы их не прочувствуете и сможете действовать интуитивно. Начните **изучение каждого метода** с комментариев, объясняющих его содержание.

С чего начинать использование новых методов

Сейчас я уже понимаю, что успешно использовать данные методы гораздо труднее, чем мне казалось ранее, когда я начал писать эту книгу. Некоторые из них **занимают значительно большее время**, чем другие, и требуют "перепрограммирования мышления"; ничего не стоит, раз начав действовать, **потерять из виду основную цель и утонуть в море данных**, которые невозможно использовать; **первоначальные этапы** некоторых методов трудно преодолеть с первой попытки частично из-за того, что они связаны со сверхспособностью к интуитивному определению наиболее важного; наконец, для большинства не

ВЫБОРЫ ОБУЧАТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТИРОВОЧНЫХ МЕТОДОВ

Понравился ли проект заказчика?
В интересах ли заказчика достичь заданных
в нем целей?
Будет ли проект принят и осуществлен?

Оценены ли все затраты времени, усилий,
иногда денежных материалов и каких-либо
ресурсов?

Можно ли достаточно эффективно реализовать
проект в рамках имеющихся ресурсов?

Можно ли реализовать проект
интересующим образом?

Важны ли проблемы с которыми надо
распорядившись характеристиками,
выявленными в нем?

В какой мере можно достичь заданных в проекте
результатов или согласоваться с ними?

В какой мере можно достичь заданных
целей, исходя из имеющихся ресурсов, навыков
человеческого и материального?

В какой мере эти методы и подходы
эффективны применительно к данному
проекту или другим?

имеющих опыта людей выход в незнакомую область проектирования оказывается затруднительным и требует значительно более тесного сотрудничества с другими специалистами, не привычного для них. Столкнувшись с такими препятствиями, я нашел, что лучше всего начать с использования только двух методов — “Мозговой атаки” и “Классификации” (разд. 10.1, 11.8), поскольку оба этих метода могут эффективно применяться для решения почти любой проблемы. Они частично включают многие из аспектов наиболее разработанных методов. Мозговая атака (рационалистический способ использования воображения) создает у специалиста уверенность в совместном восприятии идей, а классификация (интуитивный способ рационального действия) позволяет приобрести весьма необходимый опыт в искусстве нахождения моделей в явно хаотичной информации, поступившей извне. Примененные вместе, эти два метода позволяют достаточно быстро охватить проблему в целом.

Неукоснительность использования новых методов

Обсуждая книгу с читателями, я нашел, что не многие из них готовы принять необходимость неукоснительного следования тому или иному методу, хотя только в этом случае он сможет нарушить привычный подход к проектированию. Наблюдается тенденция сведения даже такого простого метода, как мозговая атака, до чего-то такого, что почти ничем не отличается от непринужденной беседы и "изысканий", бытующих в любом проектном бюро. Чтобы использовать методы, представленные в книге, необходимо желание (в особенности в самом начале) точно выполнять каждый этап так, как это описано, и только в этом случае можно добиться особого порядка, масштаба или результата. Например, в правильно проведенном сеансе мозговой атаки шесть человек за полчаса почти наверняка могут "выдать" от 70 до 150 идей; а во время непринужденной беседы, которую многие называют мозговой атакой, эти же люди могут предложить не более дюжины идей. Неукоснительность соблюдения метода позволяет достичь более высокой цели и более широкого взгляда на проблему. Но, конечно, и мышление должно быть не традиционным, а обладающим творческим воображением.

MOSHI CHAN, A.T.M.A.

Noni beverage

1. Обратить внимание на генерацию идей.

2. Известно правило, определяющее критическую функцию цели, которая при "запуске" или при выходе в доверенное состояние участника, что препятствует любому взлому, что необходимо попытаться сломать данную функцию установки данной попыткой комбинировать или установить функцию цели, предложить другим участникам

7. Taguchi experiments and ANOVA tables where k trials and m responses, symmetry.

06984

В результате подобного поведения владельцев и арендаторов, поставивших курс на повышение квалификации, были получены данные, совершенно неожиданно строительному обществу страны. Простые и вводящие в заблуждение намерения группы и даже их 10 минут на то, чтобы они записали свои идеи достоянием на карточках, а затем возвратили их назад. Каждый по очереди записывал около двадцати идей, а остальные слушали и записывали на карточках всплывающие идеи. В конечном результате получились идеи.

Обучение методам проектирования

Дайте возможность самим студентам, а не преподавателю выявить проблему и цель.

Придумайте задачи, в которых это возможно и поощряется.

Не критикуйте результаты, а подвергайте сомнению сам процесс.

Потребуйте разработки проектов на ближайший период, последующий и более отдаленную перспективу.

Продемонстрируйте, как вы сами проектируете.

Попытайтесь продемонстрировать новые методы не в качестве эксперта, а в качестве обучающегося.

Предложите студентам отложить работу, которая их не привлекает, и учите их быть готовыми начать все заново.

Побуждайте их вникать в любую неразбериху, чтобы найти нечто новое.

Что такое творчество

Я обычно стараюсь избегать этого слова, предпочитая термины “изобретательство” и “воображение”. Представляется, что творчество подразумевает слишком много контроля и слишком мало восприимчивости. Часто о творчестве говорят как о способности размышлять об альтернативах (сколько, по-вашему, возможностей применения может иметь кирпич?).

Более основательное понятие творчества состоит в том, что оно способно изменить взгляд человека на вещи и на себя самого настолько, что он попытается сделать нечто ранее казавшееся ему выходящим за пределы возможного.

Творчество в проектных методах проявляет себя в оригинальности формулируемых вопросов, целей, классификаций, процессов и т.п.

2. Как не утонуть в новых методах

Темы:

Проектирование как обучение

Выбор метода проектирования

Проектирование процесса проектирования

Методика

Путаница

Скачки

Оценка своего собственного процесса проектирования

Проектирование как обучение

Это принцип, на котором основана наша книга. Каждый из описанных здесь методов рассматривается как способ ответа на один из вопросов, на который нужно ответить, чтобы перейти от незнания, с чего все начинается, к осознанию нового, чем все и кончается (к пониманию того, что представляет собой проблема в действительности и каковы возможные решения).

Зачастую процесс проектирования заканчивается мыслью о том, что "если бы мы знали все это с самого начала, то спроектировали бы все по-другому". Одной из основных причин поиска новых методов и является задача избежать "слишком позднего понимания". Я попытался обобщить главные вопросы, которые могут возникнуть в любом процессе проектирования, и представить их на схеме в виде шести типов входных данных для выбора проектных методов (табл. 6.1). Еще одно значение термина "проектирование как обучение" заключается в том, что все мы люди и наш прошлый опыт вводит нас в заблуждение относительно того, "как жить, пользуясь нашими разработками". Мы изменяемся вместе с ними!

Выбор метода проектирования

Проектный метод — это любое действие, которое можно предпринять в процессе проектирования. Это может быть и один из 35 методов, описанных в данной книге, либо это — более традиционное действие, например "создание чертежа" или "консультация у коллеги"; возможно также некое действие, придуманное специально для данной ситуации. В какой-то мере автоматический и механический способы выбора метода заключаются в использовании упомянутой схемы (табл. 6.1). Но что бы ни было предпринято, следует придерживаться одного принципа: выберите тот метод, который откроет вам то, чего вы не знаете, но должны узнать, чтобы продолжать свою деятельность. Теперь попытайтесь сформулировать вопрос, который вам следует поставить. Затем подумайте, как лучше на него ответить; например, можно прийти к решению начать разработку новой клавиатуры пишущей машинки с вопроса "почему данная клавиатура именно такова?" и по-



искать ответ в литературе. А чтобы разобраться, как пользуются клавиатурой, необходимо прибегнуть к кино съемке.

Проектирование процесса проектирования

Весь процесс проектирования (от первоначального задания или замысла до завершенного проекта) состоит из ряда действий или методов, выполняемых последовательно или параллельно. Они рассматриваются в разделе 6.1 “Стратегия проектирования”. Сейчас я охарактеризовал бы содержание данной главы как руководящее указание для специалиста в вопросе о том, каким образом приступить к действиям. Мне представляется это специально спроектированным этапом “обучения” или “курсом”, который специалист сам разрабатывает и выполняет, чтобы завершить проект. В любой момент проектировщик должен не только быть способен сказать, каким путем он идет, но и быть достаточно гибким, чтобы суметь изменить выработанные им методики (т.е. перепроектировать свой процесс проектирования), если в процессе работы станет ясно, что он находится на неверном пути. Такое изменение процесса весьма вероятно, так как проектирование — это деятельность, связанная с появлением большого объема информации. Отсутствие подобных изменений может служить признаком того, что цели слишком скромны и вряд ли удастся спроектировать нечто действительно новое. Главным образом потому я и настаиваю на выделении какой-то части проектного времени на сам процесс проектирования, а не на его продукт, что это создаст достаточно твердую уверенность в том, что “процесс идет верным путем”, и позволит выдерживать все сомнения по поводу будущего результата и тем самым проявить “больше творческой инициативы”. Вторая причина заключается в том, что, когда обсуждается сам процесс проектирования, сотрудничество специалистов данного коллектива облегчается. А если специалист доволен самим процессом деятельности, то он может испытывать большее удовлетворение, с головой погружаясь в работу.

Методика

Обучая методам проектирования, я обнаружил, что необходимо делать четкое разграничение между

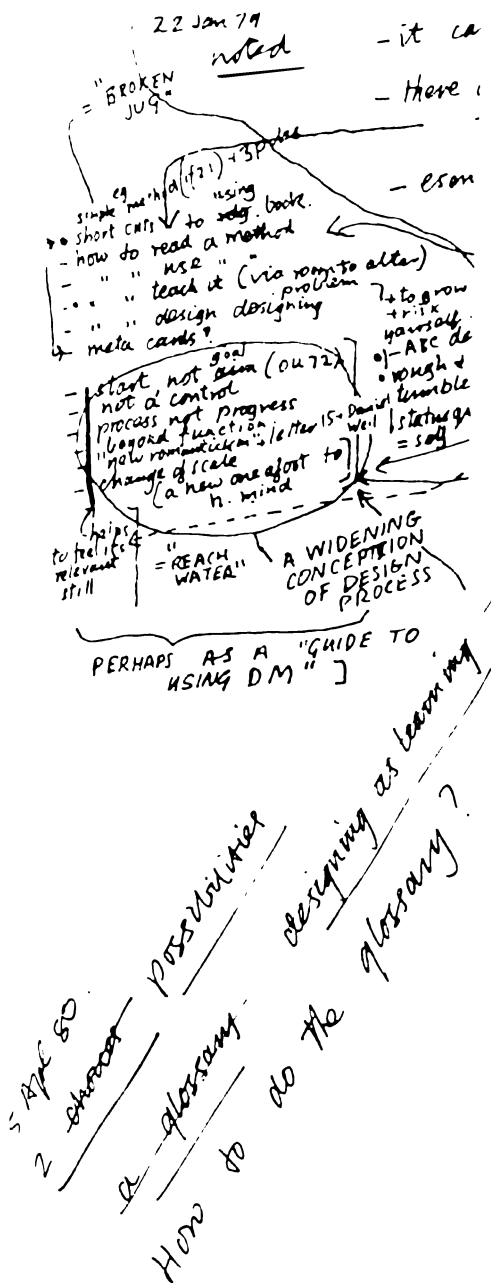
методикой (т.е. работой с бумагами) для сохранения следов того, что делается, и процессом самого проектирования (т.е. мышлением). Теперь я вижу, хотя это не было для меня так ясно, когда я начал писать эту книгу, что разум человека должен быть свободен для совершения скачков в любой последовательности и в любое время от одного аспекта проблемы или ее решения к другому чисто интуитивным путем. Я также понимаю: то, что называется "методикой", и в особенности сбор и классификация информации, — это вторичное по отношению к свободному течению мысли. Но чтобы поддерживать это течение мысли, необходимо содержать в порядке письменную документацию. А это очень простая процедура — необходимо лишь вести журналы для данных, идей и дневник событий и время от времени все их просматривать.

Путаница

Хаос, неразбериха, перескакивания с начала в конец, творческий беспорядок — всем этим хорошо известным и существенным ингредиентам проектирования в этой книге уделено недостаточно внимания. Я понимаю теперь, что не страшно, если в какой-то момент работы специалист откажется от хорошо упорядоченной стратегии проектирования и позволит себе впасть в замешательство (по крайней мере временно). Цель любого метода проектирования, упорядоченного или запутанного, состоит в том, чтобы сделать ясными для специалиста все неизвестные возможности и ограничения "нового" до того, как он принял бесповоротные решения. Вопрос лишь в том, какое соотношение порядка и беспорядка создает подобную ясность.

Скачки

Если, как мне кажется, главная цель процесса проектирования — это коллективное обучение, целенаправленный поиск "нового образа жизни", то мы должны рассчитывать на введение изменений в процессы и методики (поскольку такое обучение зачастую принимает форму неожиданных озарений). Метод "Переключение стратегии" (разд. 8.1), один из самых "скачкообразных" методов в этой книге, может считаться формализованным способом, обеспечивающим возможность совершения в про-



цессе проектирования скачков в восприятии как проблемы, так и решения. Его можно рассматривать не как часть проектной стратегии, а как средство проведения нерегулярных проектных обзоров, оценивающих конкретную стратегию, и, если необходимо, целесообразность отказа от нее в пользу того, что соответствует новому направлению мыслей человека. Всегда следует ожидать, что в результате применения первоначальной стратегии возникнут неразбериха, процедурный хаос и утратится уверенность в себе, и надо быть готовым сделать скачок к тому, что представляется лучшим.

Оценка своего собственного процесса проектирования

Джон Кейдж, от которого я многое узнал о новейших методах, описанных ниже, заканчивает свою знаменитую лекцию "Ни о чем" такими словами: "Все, что я знаю о методе, — это, когда не работаю, я иногда думаю, что кое-что знаю, но когда я работаю, мне совершенно ясно, что я не знаю ничего". Эта трудность, эта полная неспособность, делая что-то, объяснить, как это делается (но, возможно, способность дать четкое объяснение после работы или до ее начала), почти не упоминается в книге, но является большим препятствием к выполнению действий. Специалист должен уметь описать свои методы до того, как он их оценит или улучшит. Обойти эту трудность можно, конечно, ограничивая оценку своих методов лишь теми ситуациями, когда проектирование останавливается либо потому, что проектировщик чувствует неудовлетворенность сделанным, либо для рутинной проверки. Я называю такие ситуации "пересмотром проекта" и начинаю каждый раз с записи "в проектном дневнике" того, что уже сделано, и снова изучаю отчет о проделанной работе. Это похоже на кораблевождение: относительно несложное в знакомых водах, оно требует существенно больше внимания при плавании в открытом океане. Критерии управления проектными работами, приведенные в разд. 4.4, получены из анализа неудачных проектов и являются прекрасным отправным пунктом для оценки своего собственного процесса проектирования. Если он не отвечает этим оценкам, следует изменить курс действий. Как это объясняется в методе, изложенном в разд.

8.1, объективным данным и внутренним ощущениям специалиста придается одинаковое значение в пересмотрах проекта.

3. Изучение возможностей

Темы:

Цели, задачи, задания и т.п.

Взаимозависимость проблемы и решения

АВС, или проектирование по трем шкалам времени

Проектные исследования

Модели

Жизненные эксперименты

Цели, задачи, задания и т. п.

Как нам до сих пор было известно, организация жизни путем определения цели и планирования ряда этапов, обеспечивающих ее достижение, — важный метод технологии. Это метод производственных линий, главный источник процветания промышленности. Но это противоположно тому образу жизни, который рекомендуют нам мудрейшие мыслители (“Посмотрите на полевые лилии . . . они . . . не трудятся, ни прядут”; старый садовник знал о хитроумной выдумке, которая могла бы повысить производительность его труда, но “стеснялся пользоваться ею”). Настало время демеханизировать нашу жизнь, ликвидировать чудовищное распространение производственных методов на нашу жизнь, как будто бы мы и все остальное существует только как средство, а не конечный результат, не имеющий ценности сам по себе. Такое исправление ошибок нашего промышленного прошлого может начаться в проектировании не за счет полного отказа от целей, а путем переключения с фиксированных целей на гибкие. Существенно важным условием для этого является согласие тех, кто оплачивает проектирование, на пересмотр целей и всего задания, если становится очевидно в процессе проектирования, что наши первоначальные замыслы были ошибочны. “Мы” в данном случае — это не только проектировщики, но и заказчики, а желательно также и все другие, на кого будут воздействовать результаты проектирования и кто желает чему-то научиться.

Взаимозависимость проблемы и решения

"ИЗГОТОВИТЬ СИСТЕМУ
ВЕЛОСИПЕДОВ ДЛЯ МЕСТНЫХ
ПОЕЗДОК В ГОРОДЕ"



А (НЕМЕДЛЕННО)

ОРГАНИЗОВАТЬ МЕСТНУЮ ПРОЕКТНУЮ
ГРУППУ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ВЕЛОСИПЕДНЫХ ПОЕЗДОК
В ОДНОЙ ЗОНЕ ГОРОДА

В (ТРИ ГОДА)

ДАТЬ ВОЗМОЖНОСТЬ НЕСКОЛЬКИМ
ПРОЕКТНЫМ ГРУППАМ ГОРОДА
СКООРДИНИРОВАТЬ УСИЛИЯ
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ВЕЛОСИПЕДНОГО
ТРАНСПОРТА В ГОРОДЕ

С (ДЕСЯТЬ ЛЕТ)

ИЗМЕНИТЬ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ
ПЛАНИРОВАНИЕ ВСЕГО
ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА ПУТЕМ
КООРДИНАЦИИ ДЕЙСТВИЙ ГРУПП
ЗАНИМАЮЩИХСЯ ВЕЛОСИПЕДАМИ,
ПЕШЕХОДАМИ, АВТОБУСАМИ,
ТАКСИ, ГРУЗОВИКАМИ И Т.Д.

Думать о проектировании как о "решении проблемы" — это значит использовать довольно застывшую метафору применительно к живому процессу и забыть, что проектирование не столько нацелено на исправление status quo, сколько на осознание новых возможностей и обнаружение наших реакций на них. Сделать или изобрести нечто новое означает изменить не только окружающую нас среду, но и самого человека и его восприятие, т.е. изменить реальную действительность. Именно поэтому я полагаю неправильным начинать проектирование, думая только о сформулированной проблеме, и оставлять на последующие этапы размышления о том, как мы собираемся ее решать. Именно в уме человека, а не в результатах мышления, зафиксированных на бумаге, происходит постоянное смешение проблемы и способов ее решения, так что их взаимозависимость очевидна на всем протяжении работы. Первоначальное выражение целей или потребностей, какими бы абстрактными и абсолютными они ни казались, мне представляется полным скрытых допущений о том, как формулирующий их специалист предполагает их достичь или удовлетворить. Например, утверждение "решить проблему безработицы" может подразумевать, что мы займемся поисками каких-то новых видов работ, но богатое творческое воображение могло бы подсказать способы праздной жизни в целом, где безработица вообще перестала бы быть проблемой¹⁾. Будучи реализованным, новое решение изменяет наше мышление.

АВС, или проектирование по трем шкалам времени

Простым способом оживить проектное мышление специалиста является проектирование по трем временным шкалам — А, В, С. Здесь В — нормальная временная шкала проектирования, ожидаемая заказчиками, например двухлетний срок проектирования изделия соответственно ресурсам и отношениям, существование которых предполагается в бли-

¹⁾ Вряд ли можно всерьез предлагать переход к "праздной жизни в целом" в качестве решения проблемы безработицы при капитализме. — Прим. ред.

жайшем будущем; **С** — **отдаленная временная шкала**, скажем десятилетний период, в течение которого предполагается изменение в ресурсах и отношениях отчасти из-за реакции на воздействие нового проекта, рассматриваемого как “реализуемая утопия”; **А** — **краткосрочная временная шкала**, подразумевающая импровизацию, т.е. быструю формулировку того, что можно сделать в ближайшее время, например в течение нескольких недель или дней, для улучшения ситуации имеющимися под рукой средствами. Проектировщики сами разрабатывают и по своей инициативе внедряют такой проект **А** в качестве наилучшего способа на практике осознать, что действительно требуется. Проект **В** — это как раз то, за что они получают деньги от заказчика, и работа выполняется исходя, прежде всего, из его интересов, экономических и многих других ограничений, в рамках которых должно происходить проектирование. Проект **С** завершается не продуктом проектирования, а изображением того, какое влияние окажет на жизнь внедрение предлагаемого долгосрочного “утопического” проекта. Подобное изображение может быть представлено в виде мультипликационного фильма или видеозаписи, рассказывающих о жизни в новых условиях. Непосредственное преимущество проектирования по трем временным шкалам состоит в том, что любая возникающая у кого-либо в группе идея может быть определена как относящаяся к той или иной категории, и ни одну из них не надо квалифицировать как “нереалистичную”. При этом каждый может проектировать в масштабе собственного мышления.

Проектные исследования

Глава 9 этой книги мне представляется наиболее важной и наименее применяемой проектировщиками. Каждый из описанных в ней методов более труден для использования, чем методы других глав, но, будучи достаточно научным, он и более информативен. В каждом из них сделано допущение, что заранее составленные мнения специалиста о чем-либо могут оказаться неверными, и их несоответствие реальности в конкретном случае может открыть ему глаза на ошибочность нарисованной им картины того аспекта жизни, который предполагается улучшить, и дать ему представление о возможных ре-

НЕИЗМЕНИТЕЛЬНЫЕ <small>(конкретные и поддающиеся анализу)</small>	ИЗМЕНИТЕЛЬНЫЕ <small>(абстрактные и трудно поддающиеся анализу)</small>
Не изменять метод анализа информации, даже не будет анализироваться документация	Не использовать данные, пока не будет точно решено, каким образом они будут анализироваться и интерпретироваться
Получение информации быстро, дешево, просто — это хорошо	Получение информации медленно, дорого, сложно — это плохо
ПРИМЕРЫ: анализ информации анализ документации анализ информации	ПРИМЕРЫ: анализ информации анализ документации анализ информации
ПРИМЕРЫ: анализ информации анализ документации анализ информации	ПРИМЕРЫ: анализ информации анализ документации анализ информации

Моим вкладом в конференцию по "эволюции окружающей среды" было предложение провести ее на свалке, где нам для того, чтобы выжить в течение трех дней конференции, пришлось бы сампроизводить какие-то убежища. Поскольку никто не хотел меня в этом поддержать, я решил проверить свое предложение и посмотреть, что из этого выйдет. В результате, не найдя подходящей свалки, я устроился под дубом на стоянке для автомобилей неподалеку от зала заседаний, утверждая, что стоянка для автомобилей — это временная свалка, состоящая из покинутых подвижных архитектурных сооружений. В конце концов несколько участников конференции присоединились ко мне и мы приобрели некоторый полезный опыт. Это были самые приятные дни моей жизни. Коллеги принесли мне пиву и спальный мешок, а кто-то предоставил свой автофуртон на ночь. Мы организовали неофициальные дискуссии и некоторые эксперименты по выражению дружелюбия или враждебности к нам, когда мы посещали близлежащие дома. Результаты этих экспериментов не подтвердили наших предположений: люди, жившие в устрашающей многоквартирной башне оказались гораздо приветливее, чем люди, живущие в небольшом привлекательном на вид домике; в пустом доме мы ощутили чувство полной свободы, которое почти никогда не бывает у человека внутри здания, в котором находятся люди. Теперь я понимаю, что здание — это не просто материал, из которого оно построено, как бы ни было оно красиво и хорошо спроектировано, здание — это целый комплекс "здание — люди — их роли — их жизнь". Как и предметы на свалке, опустевшее здание, лишившаяся территория имеют качество, присущее пляжам, лесам и т.п., которые очень приятны, но исключены из "предметного мира, созданного человеком", т.к. мы настаиваем на том, что все должно "иметь цель". В этом смысле неудачный проект включает неудачное использование вещей, "мира", того, что предоставляется нам природой и другими людьми.

альных усовершенствованиях. Последний метод этой главы (см. разд. 9.9 и в частности табл. 9.1) может быть полезным для исследователей и студентов, которых никогда не учили методам организации исследования.

Модели

Цветные образцы, чертежи, макеты зданий, испытания в аэродинамической трубе, цифровые шкалы для отражения объективной оценки или субъективного мнения, математические модели теплопереноса или экономических процессов и собственные описания проектировщиком "проблемы" или "решения" — все это модели некой реальности, которая подвергается изменению, но при этом непосредственно не присутствует.

Перед лицом быстрого роста сложности абстрактных динамических моделей (частью которых является и эта книга в своей попытке моделировать процесс проектирования) очень важно ясно осознавать заложенные в моделях ограничения, поскольку роль этих пределов все возрастает, а разобраться в них стало труднее, чем это было в прошлом. Для этого необходимо поставить следующие типовые вопросы. Какой конкретный опыт исследования реальной действительности использован в модели? Чего она не отражает? Расширяет она или сужает взгляд специалиста на реальную действительность или на самого себя?

Жизненные эксперименты

Взобраться на гору, совершить полет на Луну, стать членом общины, воспроизвести условия существования в каменном веке и прожить в них один год — все это жизненные эксперименты. Многие готовы осудить подобные действия как неразумные, а тот, кто решается на них, может оказаться в весьма затруднительном положении, пытаясь объяснить тем, кто на такое не способен, "что это за ощущение" или "почему это делается". Эта пропасть между экспериментаторами и наблюдателями очень похожа на существующую между испытывшими жизнь в условиях нового проекта и теми, кто этого не испытал. Существенный момент заключается в том, что опыт "нового" может полностью трансфор-

мировать взгляд как на новую вещь, так и на прежнюю, к которой человек приспособился ранее. Проектные исследования в плане изучения "что это такое" не дают нам сведений, необходимых для ответа на вопрос: каким образом сформировать новое? Мое воображение рисует на "картине усовершенствованных проектных исследований" экспериментальные поселки, города, сети коммуникаций и т.п., которые позволяют исследовать и испытать социальные и личностные изменения, сопровождающие новые продукты, системы и среду. "Испытать их" — это, пожалуй, наилучший из существующих проектных методов.

4. Проектирование в контексте современной жизни

Темы:

Неосязаемые проекты

Время

Диапазон

Коллективное проектирование

Включение самого себя в процесс проектирования

Проектирование как процесс

Неосязаемые проекты

Термин "проектирование" становится большим препятствием к пониманию того, о чем идет речь в этой книге. "Проектирование чего?" — спрашивают те, кто слышит это слово, и выражают некоторое недоверие, узнав от меня, что это проектирование "чего угодно". Такой ответ отчасти вводит их в заблуждение, так как подразумевается, что методы проектирования предназначены только для проектирования "вещей", материальных объектов и отражают специальные знания и опыт архитекторов, инженеров, промышленных дизайнеров и т.п. Правильнее сказать, что методы проектирования предназначены для проектирования "всех вещей вместе", для разработки "всей ситуации в целом", как я сформулировал во введении, имея в виду функции и использование вещей, "систем", в которые они входят, или "среды", в которой они функционируют. Эти сущности, которые вряд ли могут быть названы "вещами", поскольку их редко можно потрогать руками, и есть то, что я называю "неосязаемыми проекта-

"... она взглянула ... и увидела перо, плавно опускающееся за ее окном ..."

ми". Но они как раз таковыми и являются в большей степени, чем входящие в них объекты и изделия, представляя собой функционирующие совокупности, из которых и состоит современная жизнь: транспортные и компьютерные системы, учебные программы, супермаркеты и т.п. Таков сегодняшний диапазон проектирования.

Время

Изменение в диапазоне проектирования от отдельных предметов к неосязаемым системам и средам — это также и переход от пространственного проектирования к пространственно-временному. Традиционный метод проектирования с помощью чертежей почти полностью зависит от точного моделирования параметров в пространстве. А временной параметр, если его можно так назвать, оставляется на произвол судьбы. По мере расширения диапазона проектирования (от объектов до систем, программ, процессов, коммуникаций, поселений и т.п.) способ использования вещей, срок их службы становятся объектом проектирования так же, как и их формы. И именно в этот момент проектировщики должны признать свою относительную некомпетентность во "временном проектировании" и, может быть, поучиться у "временного искусства" (музыка, танцы, театр, кино, проза, поэзия и т.п.), как творить во времени, ощущая красоту. Проектирование во времени еще больше, чем проектирование предметов, означает проектирование самой жизни, самой формы существования и, безусловно, требует более тонкого подхода, чем "бесчувственные" формы производственных и правовых систем, расписаний, графиков, систем распределения и т.п. Часовую основу нашего современного восприятия времени следует, вероятно, признать "игрушечной" абстракцией и формально заменить ее биологическим и личностным временем, рассматриваемым в качестве новой меры. Вопрос состоит именно в том, как проектировать в условиях, когда "проектируемыми вещами" являются живые существа, мы сами и наша жизнь.

Диапазон

Кустарное производство, как описано в гл. 2, действует в относительно небольшом материальном и экономическом диапазоне (это либо часть изде-

"... кровь фильтруется в почках
... каждую минуту через почки
проходит более одного литра
крови..."

лия, либо один ремесленник, либо одна деревня). Но в этих границах процессы ремесла проявляются в широком диапазоне всеохватывающих знаний одного ремесленника, ремесленников одной деревни, т.е. обширнейший диапазон коллективного и индивидуального сознаний. Возможно, поэтому вещи, изготовленные вручную, кажутся такими высококачественными, в то время как многое в современной жизни таковым не представляется. Механический способ организации нашей жизни сумел охватить значительно возросшие размеры вещей и человеческие коллективы, но исключил из нее то, что не поддается учету, что мы не можем выразить словами, — нас самих как личностей, а не как вещи. Во время работы над книгой я сделал допущение, что новые постмеханические методы проектирования исправят это положение вещей, но сейчас, 10 лет спустя, я должен признать, что там, где применялись новые методы — системное проектирование, компьютерная технология и т.п., наша жизнь стала еще более строгой, гомогенизированной, менее человеческой. Новые методы, потенциально более гибкие, все еще используются механически. Почему это происходит? Я думаю, потому, что мы все еще пытаемся привить новые методы к старому дереву проектирования, использующему ограниченные возможности одного специалиста или группы специалистов, лишь механически увеличивая эти возможности. Один-единственный ум, пытающийся проектировать для многих миллионов умов, вынужденно сводит все к "сухим" числам.

"... они говорят, что маленькие зеленая или красная точки показывают, что термиты в порядке..."¹⁸

Коллективное проектирование

Проектировщик. Изобретатель. Архитектор. Гений. Леонардо да Винчи. Традиционно у нас на Западе считалось, что творчество — это дело одаренных индивидов и что "обыкновенный человек" или их группа не могут создать ничего нового. Я думаю, что это миф, который, однако, трудно опровергнуть. Вернувшись теперь к книге и размышляя, что же стало с методами проектирования, я думаю, что в этом и состоит суть дела: новые методы создают возможность коллективного творчества, а старые — нет. Новые методы изменяют характер проектирования или могут его изменить, если этому не препятствуют. Важный момент заключается в том, что они

"... и так мы идем — как действие рефлекса — на защиту того, в чем мы глубоко убеждены..."¹⁹

позволяют сотрудничать до возникновения концепции, сформулированной идеи, случайного эскиза, до появления "проекта" (при условии, что ведущий проектировщик знает, как ему перестроиться с ответственности за результат на ответственность за "правильность процесса"). Верно используемые новые методы освобождают каждого от тирании навязанных идей и позволяют ему внести свой вклад и действовать наилучшим образом так, как он себе это представляет. Но это непросто. Для этого требуются не только новые методы, но и новая концепция собственной личности.

Включение самого себя в процесс проектирования

Самовыражение в смысле навязывания своих идей "вещам" и другим лицам не должно иметь места в том проектировании, которое я стараюсь описать в книге. Коллективное использование новых методов требует других намерений: раскрыть (через "проектирование и обучение"), почему "вообще существует проблема", и попытаться ее устранить. По-моему, в этом и состоит настоящее волшебство воображения: способность слегка трансформировать реальность (при условии признания специалистом своих собственных идей частью того, что подвергается изменению). Здесь существен важный шаг — "включить себя", свои дела и идеи всех остальных в проблему и тем самым раздвинуть рамки для маневра до такой степени, когда можно воспринять и лежащие в основе конфликты, и искомое решение, при котором они не возникнут. Это новая концепция самого себя: взгляд на себя, других, на "общество" не как на фиксированные "вещи", а как на живые, способные к развитию существа.

Проектирование как процесс

Переход от идеи "прогресса" (в направлении цели, продукта) к идее "процесса" (как он есть) — это, конечно, главное событие XX в. во всех областях деятельности. Движение за методы проектирования можно рассматривать как наш скромный вариант этого исторического изменения ("мы" — это проектировщики, архитекторы, инженеры и т.д.). В физическом смысле понимание пространства, времени, атома и т. д. как конечных сущностей или объектов заменялось на понимание их как мобильных процессов и событий. В искусстве отказались

"... это должен быть л-л-л ..."

"... ну и певица эта женщина ... честное слово ... сейчас без десяти с половиной минут десять ..."

"... однажды в 1955г. мне позвонили из рекламного агентства и спросили, не спою ли мы для них песенку ..."

от фиксированных “предметов”, “смысла” и т.п. в пользу понимания “искусства” как самого “акта живописи” или “акта ее восприятия.”¹⁾ До сих пор в проектировании мы проделали лишь часть пути (несомненно потому, что, изменяя образ наших действий, мы влияем не только на восприятие идеи, но также и на технические и прикладные науки, на которые каждый полагается). Итак, мы перешли от “планирования продукта” к “планированию процесса”; наконец, следует признать, что проектирование могло бы стать не поиском цели, а разделяемым всеми ярким образом жизни, конечным результатом в самом себе.

5. Проектирование без проекта

Темы:

Мы не глина

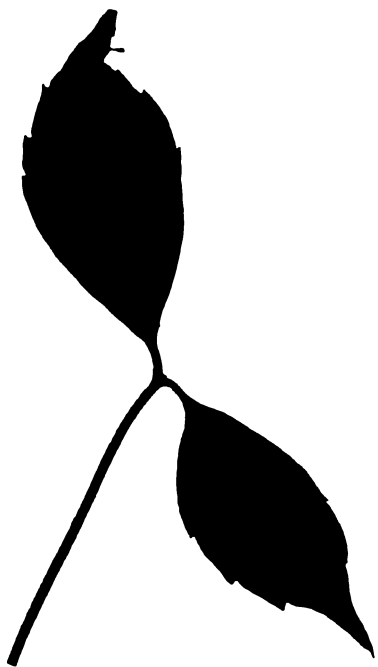
Чистый проект

Модули

Постмодернизм

Контекстуальное проектирование

Случай



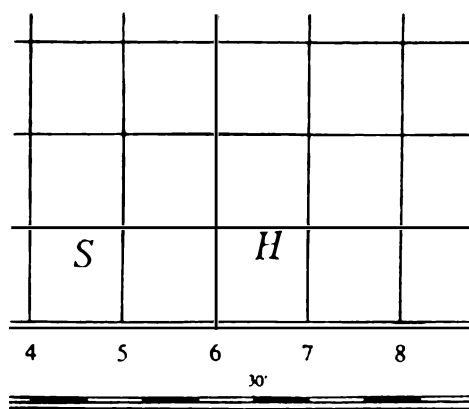
Мы не глина

Превращение в руках гончара куска глины в чашу прекрасной формы — такова древняя и, как я полагаю, по меньшей мере бесполезная метафорическая характеристика процесса проектирования. Когда проектирование ограничивалось разработкой формы предметов, эта метафора, возможно, чему-то и соответствовала, но сейчас, когда диапазон проектирования вырос до систем предметов и деятельности людей, эта метафора вредна. Мы не глина, податливость наша не бесконечна, мы не мертвы. Какая же метафора справедлива сейчас?

Чистый проект

Этот термин был впервые использован Симоном Глинном в его попытке объяснить методы проектирования студентам Британского открытого универ-

¹⁾ Беспредметное искусство представляет собой течение в искусстве многих стран, главным образом капиталистических, принципиально отказавшееся от изображения реальных предметов в живописи, скульптуре и графике. Подобное искусство полностью порывает с общественными и познавательными задачами художественного творчества. — *Прим. ред.*



ситета (British Open University), которые не были профессиональными проектировщиками и не собирались ими быть. Хотя первоначально я был ошеломлен понятием “искусство ради искусства” и его “бесполезностью”, теперь я нахожу этот термин полезным для раскрытия возможностей нового типа проектирования, который мне представляется соответствующим современной ситуации: проектирование без цели (или без цели, которая сформулирована до момента использования результата проектирования). Я нахожу доказательства такому целенаправленному “бесцелью” в тенденции к разработке многоцелевых проектов (строительные комплексы, агрегатные системы, модули и т.п.) и вижу прецедент в удивительном способе возникновения и развития естественных языков без каких-либо профессиональных “составителей слов” или “проектировщиков”, а также в том, как цель (значение слова) немного изменяется всякий раз при “использовании”. Это, по-моему, и есть тот тип метафоры, который соответствует “проектированию в диапазоне жизни”.

Модули

Наилучшими примерами конкретных проектов можно назвать (подобно словам языка) модули разных типов: кирпичи, игральные карты, кассеты, штепсельные разъемы, болты с гайками, алфавиты, цифры, музыкальные ноты, “страницы” (как супермодуль — “книги”) и т.п. Это уже другой диапазон проектирования, отличающийся от проектирования “изделия” или “целой системы” и открывающий бесконечные возможности для агрегатного проектирования и использования. Он далеко выходит за рамки того, что могут подробно рассматривать конструкторы модулей. Возможно, это и есть тот самый способ проектирования, независимый от любого точного знания целей, намерений, функций (т.е. того, что в традиционном проектировании четко фиксируется в самом начале). Как же это делается? Один из ответов — изучать атомы, молекулы, листья, деревья и т.д., являющиеся природными модулями. Другой совет — **разделить** логику предметов и логику их использования. Эволюция, насколько это известно, оперирует без предварительного знания о том, что должно прийти на смену, т.е. без проекта.

Постмодернизм

Неожиданно в архитектуре и искусствах век модернизма (время прогресса, функционализма, абстракционизма и т.п.) закончился. Вместо этого снова появилось стремление к возрождению прошлого, даже недавнего модернистского прошлого. На первый взгляд это представляется потерей самообладания, бегством от настоящего. Но за этой очевидной слабостью, смехотворностью постмодернистской моды лежит новая мудрость, которая до сего времени отсутствовала в нашем мышлении: понимание того, что "новое" не обязательно должно заменить старое. Существующее хорошо по-своему, и нет нужды его разрушать. Новое и старое прекрасно могут сосуществовать.

Контекстуальное проектирование

Маловероятно, что "участие в проектировании" тех, на кого повлияют его результаты, внесет в процесс существенные изменения, если сам характер проектирования не изменится, например, путем переноса ответственности с проектировщиков на изготовителей и потребителей. Спонтанно это уже происходит в вычислительной технике, где проектировщики являются одновременно изготовителями и могут быть также и потребителями. Целенаправленно это осуществляется и в музыке, где некоторые композиторы отказались от детальной записи, а исполнитель реагирует на специальные пометки, обозначающие не ноты или темп, а только длительности произвольных звуков, тип инструмента или умонстроение композитора. Как говорит Джон Кейдж, "композитор становится слушателем". Исполнитель — тоже. И публика должна стать более творческой в своем восприятии музыки, чем это было раньше. Критики говорят: "Это не музыка". Это музыка, если вы признаете, что мы способны изменить наш образ мышления, научиться наслаждаться звуками, которые раньше вообще бы не восприняли, открыть в них неожиданную красоту. Я полагаю, что такой большой сдвиг в ответственности композиторов, исполнителей и публики — это хорошая модель того, что нам требуется в проектировании: переход от спецификации геометрических параметров, физической формы к созданию кон-

текста, ситуации, в которой возможно для других, для всех нас как потребителей, изготовителей, творцов определить самим геометрические параметры. Это требует новой традиции, новой восприимчивости и новых знаний от каждого.

Случай

“Успокоить и унять разум, тем придав ему восприимчивость к божественным влияниям . . .” — такова древняя мысль о цели музыки. Я использовал случайностный процесс (метод случайных чисел) для выбора одной цитаты из пяти, которые отметил много лет назад в книге Кальвина Томкинса. Из нее я впервые узнал о Джоне Кейдже и начал подражать его методам случайностного сочинения. Я не предполагал использовать слово “божественный” в этом тексте, и меня это слегка смущает, хотя я рад вспомнить о том, что главный результат от проверки влияния случая на свои работы состоит в том, чтобы отключиться от себя и поставить себя на место других, т.е. воспринять свою работу извне как нечто новое, слегка раздвигающее границы твоей жизни. А именно происходящее по воле случая и лежит за пределами человеческих предубеждений или ограниченностей. Конечно, выбрать одну цитату из пяти — это очень простой способ использования случая. Я называю этот способ “систематическим случаем”, когда прежде всего выбирается “источник”, из которого желательно взять любое “сообщение”, отбираемое в случайностном процессе. Лучше, если у вас есть четко выраженное отношение к этому источнику (“за” и “против”), и важно сохранить свое отношение, как бы ни был неприятен для вас результат. Самая смелая форма случайностного процесса — “неопределенность”, источником которой может быть “все, что случается”, например музыкальная пьеса Джона Кейджа “4 минуты 33 секунды” — четыре минуты и тридцать три секунды молчания, в течение которого любые возникающие звуки являются музыкой.

Как создавался этот обзор

Текст составлен “снизу вверх” и также “сверху вниз” (в гл.5 я использовал термины “от внутреннего к внешнему” и “от внешнего к внутреннему”). Я полагаю, что очевидный конфликт между двумя

При составлении и печатании текста я рассмотрел и отверг несколько разных иллюстраций, цитаты из других книг и из этой книги; примеры, упомянутые в тексте, такие, как ма-

дули, крупномасштабные системы, предметы природы и т.д.; случайно взятые примеры из "контекста современной жизни", например программ телевидения, телефонных справочников и т.д. Большинство из них кажутся слишком очевидными или слишком далекими от текста и не позволяют читателю провести параллель между текстом и иллюстрациями. Закончив все темы, кроме последней, я решил не думать больше о самих иллюстрациях, а разработать процесс их отбора. Я попытался создать такой способ для каждого раздела в духе того, что в нем написано. В первых разделах пришлось добавить то, что могло больше всего понадобиться новому читателю; в остальных разделах я доверился случаю.

Иллюстрация к разделу "Путаница" появилась из заметок к этому тексту. Рисунок с велосипедами предоставлен школой дизайна NHIDS в Антверпене. История со свалкой взята из моей статьи в журнале *Design Studies*, 1, 3. Цитаты в разд. 4 — "Проектирование в контексте современной жизни" — это первые слова, услышанные в данной последовательности по шестым каналам радио и телевидения. Изображения в разд. 5 "Проектирование без проекта" — это предметы, которые я увидел в случайных положениях вокруг себя. И последняя иллюстрация — фрагмент текста на корешке книги Марселя Дюшампа (Duchamp M., *Notes and Projects for The Large Glass*, Ed. by A. Schwarz, Thames & Hudson, London, 1969) — это классический труд о случайности в искусстве.

способами разработки чего-либо легко разрешается, если использовать их оба, но всегда следует начинать с деталей, с тем чтобы при последующей работе "сверху вниз" организующая концепция специалиста хорошо подкреплялась информацией и чтобы детали данной разработки вписывались в нее без усилий и компромиссов.

Я начал писать "Обзор новейших тем", зная, что должно получиться точно 16 дополнительных страниц (в английском издании — *Ред.*). Я взял 32 карточки, намереваясь разместить на каждой странице примерно две темы; сделал заметки на них по темам, которые мне сразу пришли в голову (некоторые из них приведены в иллюстрации к теме "Путаница"), меняя их заголовки несколько раз, пока не находил их удовлетворительными. Работа сверху вниз заняла несколько месяцев, так как я не знал, как мне написать этот текст, и попробовал несколько способов, например как письма воображаемому читателю или как разговор автора с читателем. В конце концов я решил составить небольшой словарь новейших тем в алфавитном порядке и напечатал на машинке 32 темы, объем которых определил заранее по способу случайностного процесса. Затем я показал этот "окончательный вариант" Крису Крикмею, и он сказал, что тексту не хватает ясности и практичности и он не отвечает стандарту самой книги. Тогда я добавил пример на полях, относящийся ко всем темам. Будучи недоволен этим, я еще раз более тщательно пересмотрел все темы и распределил их по пяти разделам, потеряв при этом две темы. Напечатав первые 29 тем, я добавил новый материал на полях, снова используя случайностный метод. Затем я написал 30-ю тему, которая далась мне легче, чем все остальные.

Библиографические ссылки и благодарности

К разд. 2

Лекция Джона Кейджа "Ни о чем" напечатана в его книге "Молчание" (Cage J., *Silence*, Wesleyan University Press, Middletown, Connecticut, 1961; Marion Boyars, London, 1968).

К разд. 3

"Посмотрите на полевые лилии . . . они . . . не трудятся, ни прядут" — цитата из Нового завета (Матф., 6; 28).

Рассказ о садовнике приведен в книге The Texts of Taoism, Dover Publications, N.Y., 1962; Oxford University Press, Oxford, 1891, part 1, p. 320.

К разд. 4

Мысль о том, что прогресс становится процессом, взята из труда Эдвина Шлоссберга (Schlossberg E., A Record of Study in the Area of Science/Literature, Institute for the Study of Science in Human Affairs, Columbia University, N.Y., 1970).

К разд. 5

В подразделе "Случай" приведена цитата из книги Кальвина Томкинса (Tomkins C., Ahead of the Game, Four Versions of the Avant Garde, Penguin Books, Harmondsworth, 1968).

Выражаю признательность Эдвину Шлоссбергу и Джону Кейджу за вдохновляющий пример, Крису Крикмею за своевременную критику и сотрудникам издательства John Wiley & Sons за помощь в издании данной книги.

Часть I

Развитие процесса проектирования



"... вдохновенный прыжок от фактов настоящего к возможностям будущего".

Дж.К. Пейдж, 1966

Page J.K., Contribution to building for people, 1965 Conf. Rep. Ministry of Public Building and Works, London, 1966.

Что такое проектирование?

В большинстве промышленно развитых стран литература о методах проектирования начинает появляться в 50–60 годах XIX в. До этого времени было достаточно знать, что проектирования — это то, чем занимаются архитекторы, инженеры, художники-прикладники и т.д., когда создают чертежи для своих клиентов и для целей производства. Теперь положение изменилось. Имеется множество профессиональных проектировщиков, подвергающих сомнению методы, которым их обучили, и появилось множество новых приемов, призванных сменить традиционные процедуры.

Критике традиционных и пропаганде новых методов свойственна одна общая черта: и в том и в другом случае обнаруживается стремление выявить сущность проектирования и изложить ее в виде некоего стандартного метода, дать своего рода рецепт, на который можно было бы положиться во всех ситуациях. Вот некоторые определения и формулировки процесса проектирования, появившиеся за последнее время:

”отыскание существенных компонентов какой-либо физической структуры” (Александр [4]);

”целенаправленная деятельность по решению задач” (Арчер [5]);

”принятие решений в условиях неопределенности с тяжелыми последствиями в случае ошибки” (Азимов [6]);

”моделирование предполагаемых действий до их осуществления, повторяемое до тех пор, пока не появится полная

уверенность в конечном результате” (Букер [7]);

”определяющий фактор для тех частей изделия, которые вступают в контакт с людьми” (Фарр [8]);

”техническое конструирование — это использование научных принципов, технической информации и воображения для определения механической структуры машины или системы, предназначенной для выполнения заранее заданных функций с наибольшей экономичностью и эффективностью” (Филден¹⁾);

”приведение изделия в соответствие с обстановкой при максимальном учете всех требований” (Грегори [12]);

”осуществление очень сложного акта интуиции” (Джонс [10]);

”оптимальное удовлетворение суммы истинных потребностей при определенном комплексе условий” (Мэтчетт [11]);

”вдохновенный прыжок от фактов настоящего к возможностям будущего” (Пейдж [12]);

”творческая деятельность, которая вызывает к жизни нечто новое и полезное, чего ранее не существовало” (Ризуик [13]);

В этих цитатах прежде всего удивляет то, что они столь различны: едва ли десятая часть всех значащих слов встречается здесь больше одного раза. Создает-

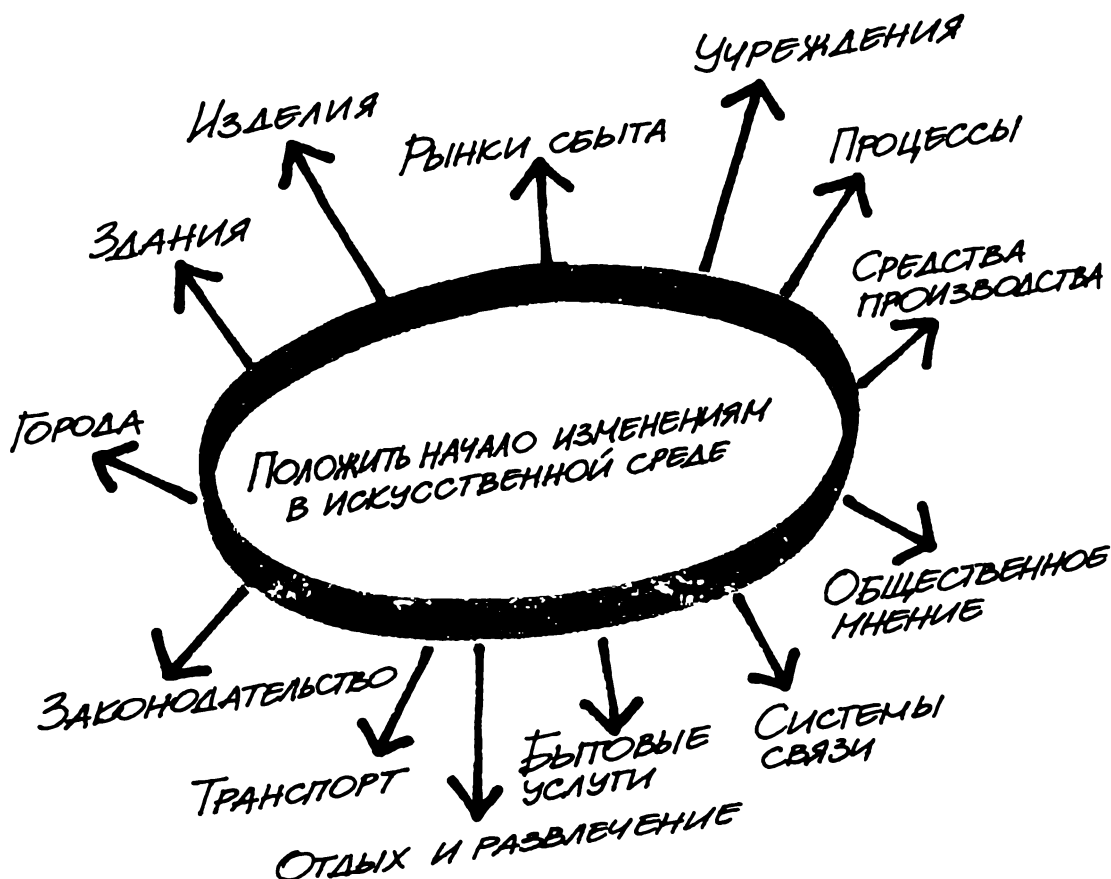
¹⁾ Fielden G.B.R., ”The Fielden Report”, Engineering Design, H.M. Stat. Office, London, 1963.

ся впечатление, что имеется столько же различных процессов проектирования, сколько существует авторов, которые описывают эти процессы. Удивительно и то, что ни разу не упоминается изготовление чертежей, хотя эта операция неизбежно выполняется проектировщиками всех специальностей. Из этих цитат ясно, что в зависимости от обстоятельств характер процесса проектирования может меняться в очень широких пределах, и, как мы увидим ниже, методы, разработанные теоретиками проектирования, отличаются друг от друга не меньше, чем предложенные ими определения процесса проектирования.

Явный разнобой, наблюдающийся в литературе о проектировании, может

нащупали то существенное, что позволит преодолеть недостатки традиционных методов проектирования; это существенное как раз и состоит в *разнообразии*, причем в разнообразии столь широком, что оно выходит за пределы опыта и знаний любого отдельно взятого разработчика, любой конкретной проектной специальности и, по сути дела, любого отдельно взятого теоретика проектирования.

И все же всем приведенным выше определениям свойственна одна общая черта: они говорят не о результатах проектирования, а о его составных частях, которые, как мы уже видели, не менее, если не более, разнообразны, чем составные части рецептов в поваренной книге.



послужить нам ключом к пониманию ситуации. Возможно, что, сознательно уклонившись от ссылки на чертежи и от привычных взглядов на процесс проектирования, теоретики все вместе

Чтобы найти более надежную основу для рассуждений, попытаемся дать определение проектирования, исходя не из течения самого процесса, а из его результатов. Для этого достаточно рас-

смотреть конец той цепочки событий, которая начинается с пожеланий заказчика¹⁾, включает в себя проектирование, производство, сбыт, потребление и заканчивается влиянием вновь спроектированного объекта на мир в целом. Единственное, что можно утверждать с уверенностью, — это то, что общество (мир) стало после этого иным, чем оно было до появления данного объекта. Если проект был удачным, он вызвал именно такие изменения, на которые рассчитывал заказчик. Если проект оказался неудачным (что, вообще говоря, случается чаще), его конечное влияние может быть весьма далеким от расчетов заказчика и прогнозов проектировщика, и все же он и в этом случае вызовет *изменение* того или иного характера. В любом случае мы можем, следовательно, заключить, что цель проектирования — *положить начало изменениям в окружающей человека искусственной среде*. Эту простую, но универсальную формулировку можно принять хотя бы в качестве рабочего определения того расширяющегося процесса, который когда-то протекал за чертежной доской, а сегодня включает в себя "научные исследования и опытно-конструкторские разработки", снабжение, разработку технологии, подготовку производства, сбыт, системное проектирование и многое другое. Уже при беглом взгляде на это всеобъемлющее определение видно, что оно охватывает деятельность не только конструкторов, архитекторов и других "профессиональных" проектировщиков, но также плановиков и экономистов, законодателей, администраторов, публицистов, ученых — специалистов прикладных наук, участников движений протеста, политиков, членов "групп давления" — всех тех, кто стремится осуществ-

вить изменения в форме и содержании изделий, рынков сбыта, городов, систем бытового обслуживания, общественного мнения, законов и т.п. Что же случилось с проектировщиками, затерявшимися в этой пестрой толпе? Уж не поддались ли они распространенному ныне стремлению к "научности", к специализации и кооперации и в результате не утратили ли свои специфические черты, которыми они отличались от тех, кто выполняет "нетворческую" работу? Конечно, да. Да, потому что проектирование переросло рамки таинственного умения чертить и зримо представлять себе ситуации будущего. Да, потому что *не*-проектировщики вынуждены теперь строить свою деятельность на промышленной основе, с широчайшим использованием систем человек — машина.

1.1. Задачи проектировщика

Как мы уже видели, цель проектировщика традиционного типа заключалась в том, чтобы разработать чертежи, которые могли бы получить одобрение клиента и дать необходимые указания изготовителю. Из нашего определения проектирования как *процесса, который кладет начало изменениям в искусственной среде*, следует, что должны существовать какие-то другие цели, достижимые до окончания — и даже до начала — разработки чертежей. Если объект разрабатывается для того, чтобы вызвать определенные изменения в мире, то проектировщик должен предвидеть конечный результат осуществления своего проекта и определить меры, необходимые для достижения этого результата. Проектирование оказывается все меньше направленным на сам разрабатываемый объект и в все больше — на те изменения, которые должны претерпеть производство, сбыт, потребитель и общество в целом в ходе освоения и использования нового объекта. Такой взгляд на проектирование как на длинную цепь взаимосвязанных предположений и уточнений иллюстрируется рис.1.1.

Процесс внесения изменений в искусственную среду представляется как ряд событий, который начинается с поступ-

¹⁾ "Sponsor", т. е. тот, кто оплачивает работу проектировщика. Это может быть лицо или предприятие (например, фирма), дающее заказ на проектирование (соответствует русскому "заказчик"), либо же руководство того предприятия, на котором работает исполнитель. В дальнейшем мы будем пользоваться словом "заказчик" именно в этом смысле, а лица и организации, вступающие в договорные отношения с проектной организацией, будем обозначать словом "клиент". — *Прим. перев.*

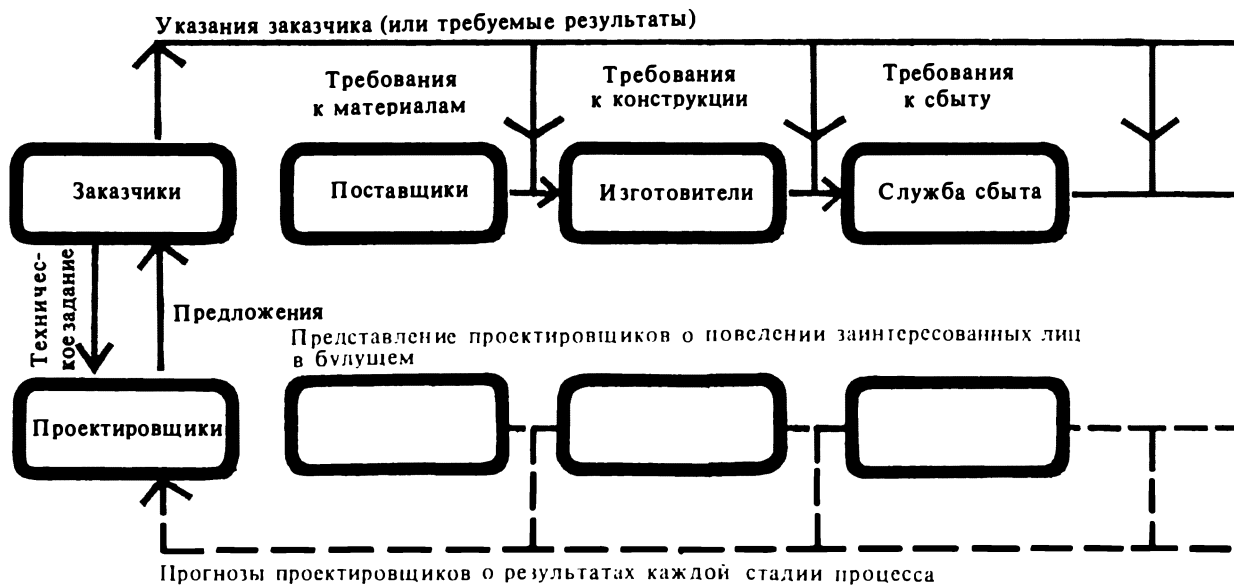
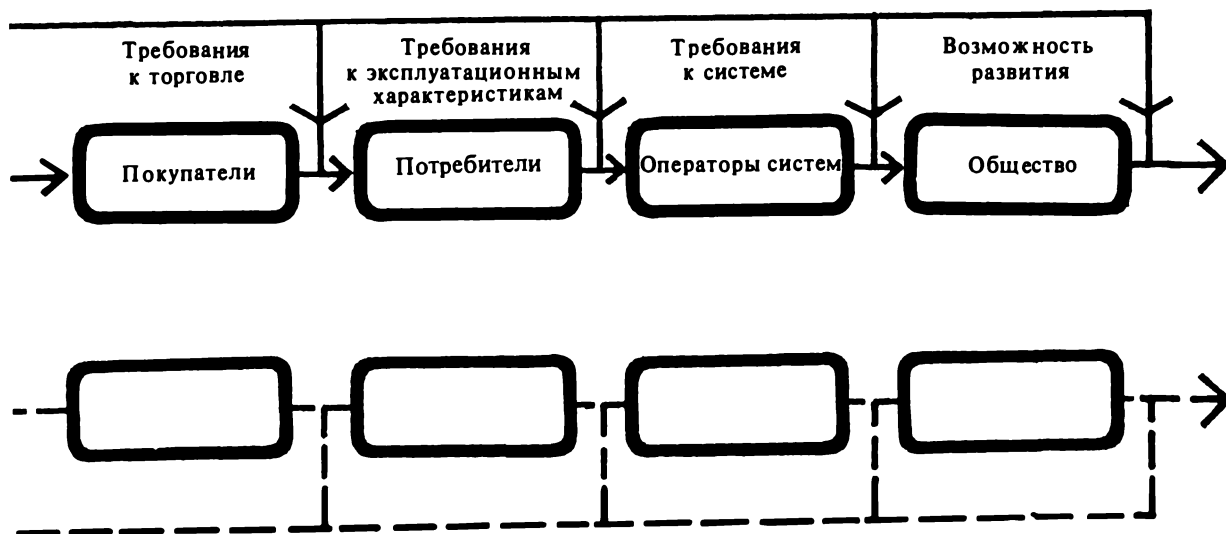


Рис. 1.1. Термин "операторы систем" употребляется здесь в широком смысле, см. с. 72.

ления материалов и комплектующих изделий на завод-изготовитель и заканчивается эволюционными изменениями в обществе под воздействием системы, в которую входит новое изделие. Каждое из этих событий представляет собой особый этап в существовании изделия и зависит от предшествующего события. Ни заказчики, ни проектировщики не могут непосредственно влиять на всю последующую историю изделия, оно выходит из-под их контроля еще до поступления в производство. Заказчик дает проектировщику ориентировочные указания о том, какого будущего состояния внешнего мира он хотел бы добиться. Для владельца автомобилестроительной фирмы это может быть определенная доля участия в рынках сбыта, например заранее установленная сумма продаж (блок в середине верхнего ряда на рис.1.1.) Если заказчику необходимо новое здание, в его заказе будут указаны расположение и размеры помещений, необходимых для размещаемой системы, т.е. будут определены системные требования (блок справа вверху на рис.1.1). Если требуется создать пассажирский самолет, в исходное задание могут входить некоторые предварительные указания относительно всех этапов; например, заказчик может предъявить свои осо-

бые требования, касающиеся: выбора материалов, использования стандартных узлов, распределения и складирования запасных частей, количества выпускаемых самолетов, их летно-технических характеристик, их соответствия требованиям существующих авиакомпаний и совместимости с аэродромным оборудованием и, наконец, влияния, которое новый самолет окажет на общество, скажем, ввиду удлинения взлетно-посадочных полос, производимого самолетом шума и т.д. Кроме того, он может заранее потребовать, чтобы в процессе проектирования были накоплены знания и опыт, которые потребуются для разработки следующей модели самолета того же семейства.

Нижняя половина рис.1.1 показывает, что в соответствии с полученными заданиями проектировщик должен подготовить свои предложения. От него требуется тем или иным способом предсказать свойства объекта и реакцию на них на каждом этапе его существования. Для этого он на каких-то моделях проводит экстраполяцию от известных характеристик аналогичных конструкций в прошлом к поведению объекта в будущем, в новой среде. При этом в отношении каждого этапа существования объекта у проектировщика возникают вопросы, указанные в табл.1.1.



Из сказанного можно сделать вывод, что не все заказчики материально заинтересованы в успешном функционировании изделия на каждом этапе его существования. В настоящее время (будем надеяться, что в будущем положение изменится) заказчик чаще всего ничего не выигрывает и не проигрывает от того, что у изделия выявится какое-нибудь дополнительное достоинство или недостаток, скажем, уже после момента его продажи. Проектировщик же в этих условиях может отчетливо сознавать, что какие-то варианты исполнения проектируемого объекта будут обладать теми или иными достоинствами или недостатками для потребителя, хотя для заказчика они и безразличны. При этом у проектировщика появляется искушение предлагать своему заказчику лишь такие решения, которые благоприятны для потребителя. Поступая таким образом, проектировщик выходит за рамки своей компетенции и принимает решение от имени всего общества. Столкнувшись с этой дилеммой (а это случается нередко), нельзя поддаваться соблазну протащить свои принципы тайком: лучше постараться побудить своего заказчика самостоятельно принять правильное решение. В случае неудачи проектировщик, выполняя волю заказчика, вправе, однако, довести до сведе-

ния тех, кто попадет в сферу влияния проектируемого объекта, свои прогнозы, которые он как профессионал в состоянии сделать и на которые заказчик решил не реагировать. Проектировщику с "практическим" складом ума, может быть, вообще не придет в голову предпринимать что-либо выходящее за рамки интересов его заказчика — он просто предоставит событиям идти своим чередом при всех недостатках принятого проекта.

Эта моральная дилемма в наши дни возникает очень часто, так как побочные эффекты от принимаемых проектировщиком решений растут быстрее, чем изменяются взгляды заказчиков. Типичным примером могут служить разработка сверхзвукового самолета, шум которого воздействует на большие массы населения, или генеральный план крупного города, резко изменяющий условия жизни миллионов людей. Окончательное решение этой дилеммы заключается не в том, чтобы проектировщики стали провидцами, а в том чтобы придать процессу проектирования общественный характер, чтобы каждый, кого затрагивают результаты проектирования, мог заранее продумать, что можно сделать, и мог бы повлиять на выбор вариантов. Для этого социально-значимые результаты проектирования должны стать пред-

Таблица 1.1 Вопросы, на которые должна ответить проектная группа

ВОПРОСЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ПРОЕКТИРУЕМОГО ОБЪЕКТА	КТО ДАЕТ НА НИХ ОТВЕТ
Понравится ли проект заказчику? В интересах ли заказчика вложить капитал в этот проект? Будет ли проект принят к осуществлению?	Заказчик и финансирующие организации
Оптимальным ли образом в проекте используются доступные материалы и комплектующие изделия?	Поставщики
Можно ли достаточно экономично реализовать проект в рамках имеющихся ресурсов?	Изготовители
Можно ли распространить изделие по существующим каналам?	Работники сбыта
Каковы требования к внешнему виду, эксплуатационным характеристикам, надежности и пр.?	Потребители и торгующие организации
В какой мере объект будет согласован с другими изделиями или конкурировать с ними?	Другие заказчики
В какой мере он изменит существующую ситуацию, создаст ли новые потребности, новые возможности и новые трудности?	Операторы больших систем
В какой мере его прямые и побочные эффекты приемлемы для всех, кого они касаются?	Государственные учреждения и общественные группы

метом политических дискуссий, а некоторые принципы и методы, рассматриваемые в этой книге, должны войти в общеобразовательные курсы.

1.2. В чем трудности проектирования?

Причины трудностей, возникающих при осуществлении и описании процесса проектирования, становятся ясными, если внимательно рассмотреть рис.1.1. Главная трудность заключается в том, что проектировщик должен на основании современных данных прогнозировать некоторое будущее состояние, которое возникнет только в том случае, если его прогнозы верны. Предположения о

конечном результате проектирования приходится делать еще до того, как исследованы средства для его достижения. Проектировщик вынужден проследить события в обратном порядке, от следствий к причинам, от ожидаемого влияния данной разработки на мир — к началу той цепочки событий, в результате которой и возникнет это влияние. Часто случается, что в ходе такого проследивания на одной из промежуточных ступеней обнаруживаются непредвиденные трудности или открываются новые, более благоприятные возможности. При этом характер исходной проблемы может коренным образом измениться, и разработчик будет отброшен на исходную клетку игрового поля. Это как если бы посреди партии в шахматы вдруг появилась возмож-

ность или необходимость перейти к игре в домино. Именно эта нестабильность самой *задачи* и придает процессу проектирования гораздо более сложный и интересный характер, чем обычно думают те, кто никогда им не занимался.

Бригада проектировщиков должна добиться, чтобы каждый из многочисленных и разнообразных показателей, интересующих заказчика ("требуемые результаты", рис.1.1), обладал двумя свойствами:

а) не выходил за пределы возможностей поставщиков, изготовителей, системы сбыта и т.д. ни на одном из этапов существования изделия;

б) был увязан с тем, что ему предшествует, и с тем, что за ним следует.

Тесные связи между далеко отстоящими друг от друга этапами существования изделия заставляют разработчика широко прибегать к прослеживанию зависимостей между следствиями и их отдаленными причинами. Чтобы избежать неувязок между отдельными этапами, проектировщик, используя свой главный козырь — воображение, — заменяет свои исходные цели другими целями, которые легче увязываются друг с другом, оставаясь столь же приемлемыми с точки зрения поставленной задачи. Такая сильная зависимость целей проектирования от конкретных частных решений очень затрудняет, если не вовсе делает невозможным, решение задач проектирования чисто логическими способами; однако она не препятствует человеческому мозгу с его колоссальной адаптивностью справиться с такими проблемами. Цель этой книги — исследовать первые опыты, в которых к пониманию и преодолению трудностей проектирования удастся привлечь не один человеческий ум, а несколько умов.

1.3. Что такое проектирование: искусство или наука?

Скажем сразу, что проектирование не следует путать ни с искусством, ни с естественными науками, ни с матема-

тикой. Это сложный вид деятельности, в котором успех зависит от правильного сочетания всех этих трех средств познания; очень мала вероятность добиться успеха путем отождествления проектирования с одним из них. Основное различие связано с *временными отношениями*. Деятели искусства и науки имеют дело с физическим миром (реальным или символическим) в том виде, в каком он существует в *настоящее время*, а математики оперируют с абстрактными отношениями, *не зависящими от календарного времени*. Проектировщики же всегда вынуждены считать реальным то, что существует лишь в воображаемом *будущем*, и искать пути претворения в жизнь *предвидимых* объектов.

Интересно сопоставить подходы, методы и критерии, используемые в естественных науках, в искусстве и в математике. Цель ученого — точно описать и объяснить наблюдаемые явления. Для его подхода характерны профессиональный скептицизм и сомнения. Его главная методика — тщательно поставленный эксперимент, призванный опровергнуть гипотезу, доказав истинность обратного утверждения. Художник — скажем, живописец или скульптор — тоже не связан в своей деятельности с будущим, его больше всего интересует настоящее. Его цель состоит в обработке (с испытываемым при этом удовлетворением) материала, существующего одновременно с его деятельностью. Конечно, есть художники, которые пользуются эскизами, моделями, наборами мелодий и т.д., планируя тем самым свою работу, но при этом они прибегают к методу сознательного предвидения, типичному для проектировщика, отходя от свойственной художнику импульсивности и непосредственности. Художник культивирует в себе уверенность, готовность действовать при полном или почти полном отсутствии внешних свидетельств, на которые могло бы опереться его воображение. Он действует в "реальном времени", в полной мере используя высокоразвитую способность своей нервной системы остро реагировать на интуитивно схваченную картину реального мира.

Математика рассматривает не физический мир, а мир отношений, точный и вневременной. Любая задача, существование которой постулировано и которую можно представить в символической форме, принимается как таковая, не требуя научных сомнений и пояснений. Для постановки задачи не приходится обрабатывать какой бы то ни было физический материал. Для математики задача существует с того момента, как он ее поставил, и нужно лишь логическим путем найти ее решение. Это решение, которое может быть выражено в абстрактных символах, обязано быть абсолютно верным, но может, помимо того, быть еще и "изящным".

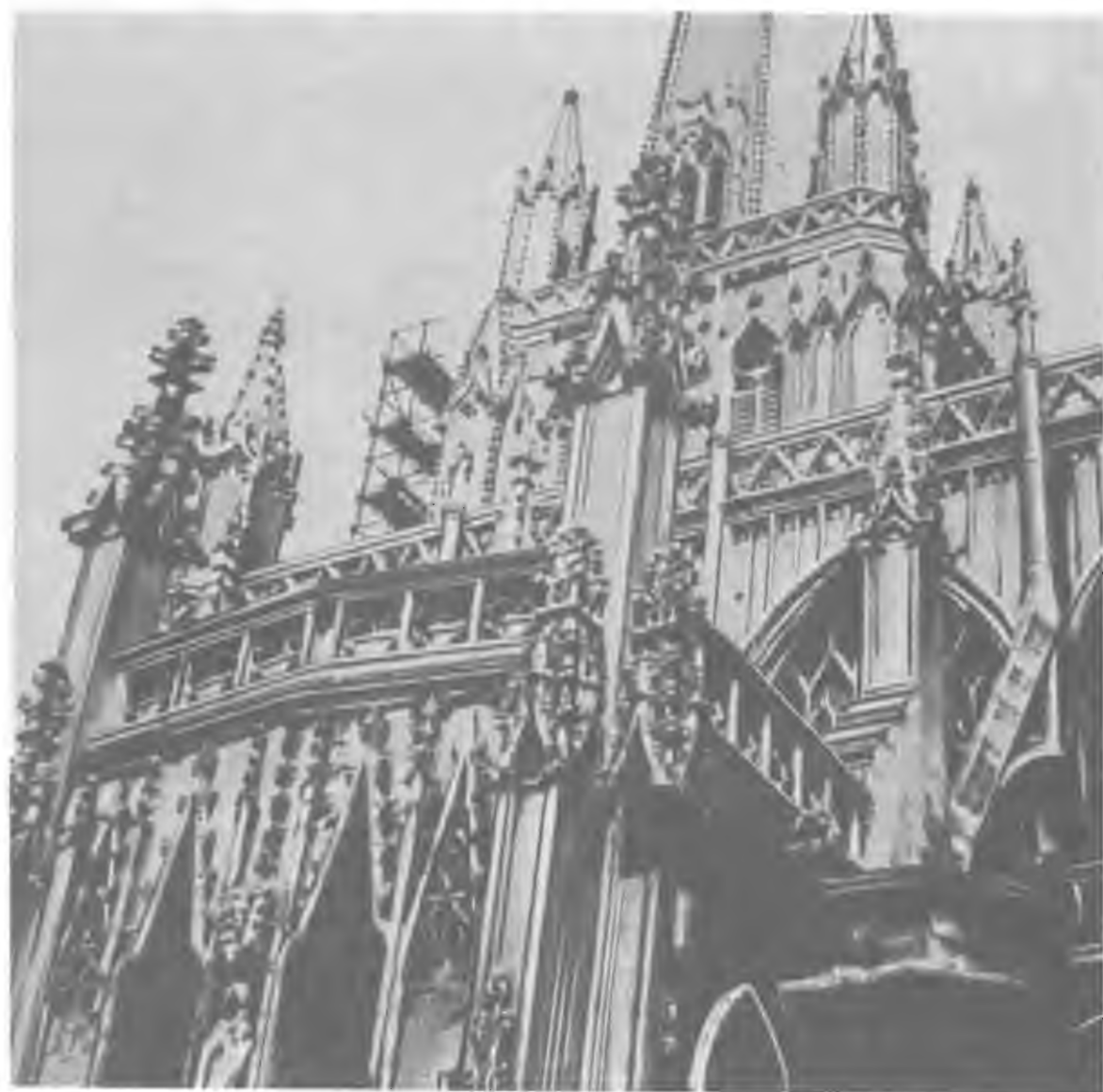
После краткого рассмотрения этих трех областей деятельности укажем, в чем их сходство и различие с проектированием, которое иногда с ними путают.

Прежде чем предсказывать будущее, разработчик должен в достаточной мере знать настоящее, а для этого он должен обладать свойствами ученого: скептицизмом, умением поставить эксперимент и проанализировать его результаты. Однако, когда разработчик переходит от настоящего к будущему, позиция сомневающегося ученого становится для него бесполезной и ей на смену должно прийти нечто другое, похожее скорее на подсознательную веру.

Подход художника необходим разработчику на том этапе, когда в лабиринте альтернатив приходится отыскивать тропинку, ведущую к новому и непротиворечивому построению, которое

могло бы лечь в основу решения. При этом нужно иметь какой-нибудь податливый материал или аналог, который позволял бы, поспевая за течением мысли, передавать *форму* решения. Обычно таким материалом служили эскизы, быстро набрасываемые "на обороте конверта", за которыми стояли точные образы вариантов проекта в воображении. В будущем для быстрой проверки различных вариантов геометрии, видимо, будут применяться электронные вычислительные машины с индикацией на экране, активно взаимодействующие с разработчиком.

Метод математика, выражающего исходные предположения через абстрактные символы, а затем манипулирующего этими символами, пока не придет к решению, годится для проектировщика лишь на том этапе, когда *задача стабилизировалась*, когда для того, чтобы разрешить противоречия между целью и средствами, уже не требуется изменять исходные посылки. Однако самая интересная и самая сложная часть разработки — это как раз поиск решения путем изменения формулировки задачи, поэтому правильно будет считать, что математика полезна только для оптимизации, т.е. для отыскания наилучшего решения после того, как задача уже определилась. Если задачу проектирования можно сформулировать в математических символах, ее решение может быть получено на ЭВМ, без непосредственного участия человека в расчетах.



можно сказать, что, любя,
достигаешь идеального,
идеально, а любовь

идеальность ценю лишь как
лишь на которой
идеальность идеальна

Майкл Оукшотт, 1959:

Oakeshott M., The voice of poetry in
the language of mankind, Bow-
and Doves, London, 1959.

Глава 2

Традиционные методы

Определив проектирование как "процесс, который кладет начало изменениям в искусственной среде", мы стали теперь включать в него не только изготовление рабочих чертежей, но и планирование всех этапов существования будущего изделия. Такое более широкое понимание далеко не совпадает с общепринятым представлением о проектировании как о занятии несколько чудаковатых людей, послушно переводящих практические потребности на язык чертежей и создающих изделия, которые отвечают вкусам потребителя и соответствуют его материальным возможностям. Не исключая и таких представлений, наше определение в то же время позволяет нам понять, что предшественником современного проектировщика является отнюдь не чертежник. Первым инициатором изменений в искусственной среде был не создатель чертежей, а создатель вещей, искусный ремесленник, тот "конструктор", деятельность которого начинается там, где кончается естественная эволюция. Поэтому было бы правильно и полезно сравнить новые методы проектирования не только с недавней традицией создания проектов за чертежной доской, но и с особенностями гораздо более древней эволюции кустарных промыслов.

2.1. Эволюция кустарных промыслов

По рис.2.1 можно судить, что в кустарных промыслах иногда создаются красивые и сложные изделия, которые

можно принять за плод деятельности художника-конструктора высшей квалификации.

Интересно также, что кустарные изделия напоминают формы органической жизни — формы растений и животных, явившиеся результатом эволюции природы. Когда мы сегодня видим, как красиво организованы сложные формы деревенской телеги, гребного судна, скрипки, топора, нам непонятно, каким образом удалось этого добиться без участия конструкторов со специальным образованием, без специалистов по административному управлению, сбыту, технологии и многих других профессионалов, без которых немыслима современная промышленность.

Не менее удивительно и то, что неграмотный кустарь, вооруженный элементарными инструментами, управляет процессом эволюции и создает сложную форму изделий, не имея в своем распоряжении чего-либо подобного "генетической информации". Однако, как мы сейчас увидим, за кажущейся простотой примитивного ремесленного производства кроется тонкая и надежная система передачи информации, быть может, более эффективная, чем в чертежном способе проектирования, и во многом сходная с новыми методами проектирования, рассматриваемыми в этой книге.

Среди старых кустарей и ремесленников редко встречались такие, которые, помимо обладания профессиональным мастерством, были еще и грамотны (мы не говорим здесь о представителях художественных промыслов), поэтому огромную ценность представляет свидетельство одного из них — книга Джорд-



Рис. 2.1. Телега с откидными бортами, распространенная на юге центральных графств Англии (г. Хейли, графство Оксфордшир). Построена в 1838 г. (Воспроизводится с разрешения Музея английского быта при университете, г. Ридинг.)

жа Стэрта "Колесная мастерская" [14]. В этой книге дан очерк тележного производства XIX в. Достаточно нескольких цитат, чтобы понять те скрытые причины и процессы, которые управляют действиями кустаря. Начнем с описания точной подгонки форм к условиям эксплуатации: "... мы удивительно точно знали особые нужды наших соседей. Изготавливая телегу или тачку, водовозку или плуг, или что-нибудь еще, мы выбирали такие размеры, такие формы кривых (а почти каждая деревянная деталь была изогнутой), чтобы они соответствовали особенностям почвы на той или иной ферме, крутизне того или иного холма, темпераменту того или иного клиента и даже его пристрастиям при выборе лошадей".

Далее Стэрт рассуждает о том, зачем колесам телеги придается развал¹⁾:

"Какой смысл в развале и чашеобразности колес? К стыду своему, я должен признаться, что этот вопрос мучил меня много лет даже после того, как я убедился в многочисленных преимущ-

¹⁾ О колесах экипажей в "Новом энциклопедическом словаре" Брокгауза и Ефрона (т. 22, стр. 163) сообщается следующее: "Оконечностям экипажных осей придается небольшой наклон наружу для предупреждения качаний колес. Спицам также придается некоторый уклон, т. е. они располагаются по поверхности усеченного конуса, обращенного вершиною внутрь, так что при насадке колеса на наклонную ось нижние спицы, выдерживающие весь груз экипажа, всегда располагаются вертикально". — *Прим. перев.*

ществах этой странной формы и в том, что колеса без развала могут не пройти и мили. Ясно, что развал нужен, но зачем? Почему колесо без него всегда выворачивается наружу, как зонтик на ветру? Почему под грузом, если он и в самом деле слишком тяжел, колесо никогда не ломается каким-нибудь другим образом, а всегда одним и тем же?

Несомненно, чашеобразные колеса с развалом имеют большие достоинства. Возьмем форму экипажа (в разрезе), когда он установлен на колесах с развалом. Кузов такого экипажа в верхней части может быть шире, чем в нижней. Расширяясь, он в то же время не будет касаться колес, поэтому можно увеличить — и очень сильно — размеры поклажи, особенно легкой, например сена, а если поклажей служит плотно укладываемый материал, например навоз или песок, то его легче сбрасывать. При другой посадке колес всего этого не добиться. Несомненно, это удобно, когда колеса сверху расставлены шире, чем снизу, где они опираются на землю.

У чашеобразных колес есть и другие преимущества. И все же, почему за них так держатся?"

На этот последний вопрос Стэрт здесь не отвечает, но в другом месте своей книги он пишет, что радиус поворота четырехколесного экипажа можно сильно уменьшить, если сочетать развал колес с сужением телеги в середине и небольшим подъемом ее передка.

Он продолжает выяснять, как он говорит, "истинные причины", по которым нужен развал, и одно время ему кажется, что разгадка кроется в сжатии металлического обода, насаживаемого на колесо в горячем состоянии:

"Колесо все равно должно деформироваться при насадке обода, так что вполне вероятно, что оно при этом может стать более выпуклым или более вогнутым. Я долго считал, что придание колесу чашеобразной формы было всего лишь подготовкой к этой последней операции, способом регулирования сжатия и сознательного использования его преимущества".

Но вряд ли чашеобразность колеса появилась по этим причинам — ведь стальные шины были изобретены срав-

нительно недавно.

Лишь много позже он наткнулся на правильный ответ, когда заметил, что колеса оставляют на дороге волнистый след, раскачиваясь из стороны в сторону при каждом шаге лошади.

"Нагруженный кузов телеги или повозки, раскачиваясь в такт с шагом лошади, наносит колесам резкие удары то с одной, то с другой стороны. Он движется из одной стороны в другую и бьет по ступицам колес. Восприняв толчок, левое колесо тотчас же передает нагрузку правому, и наоборот. И так изо дня в день, в любой упряжке. На колеса действует не только вертикально направленный вес груза; им приходится также все время воспринимать усилия, приложенные к центру".

Вряд ли Стэрт отыскал все причины чашеобразности колес, а также множества прочих изгибов, дуг и скруглений, из которых состоит повозка [15]. Для наших целей достаточно отметить, что форма каждой детали в повозке определяется не одной, а многими причинами и что изделие в целом возникает в результате тонкой отладки целого с оптимальным использованием каждой его части. Заметим также, что, когда кустарь воспроизводит или изменяет какую-либо форму, он едва ли точно отдает себе отчет, почему поступает именно так, а не иначе; он знает лишь, как ему следует это сделать. Говоря о том, почему колеса имеют всегда одни и те же размеры, Стэрт замечает:

"По сути дела, сама необходимость определила линии повозки, которая не должна быть ни слишком высокой, ни слишком низкой; не одно поколение фермеров экспериментировало, чтобы отыскать эти невидимые линии, а колесники научились заставлять каждую телегу катиться в соответствии с ними.

Здесь как в капле воды отразились все те условия, благодаря которым телега стала красивой — такой же красивой, как скрипка или лодка. Необходимость определила законы построения каждой детали и десятками способов заставила добиться согласованности. Тележник был вынужден во всем сохранять верность этим законам, всегда

знать, каким требованиям должны удовлетворять колеса, оглобли, оси, кузов телеги, все ее детали. Нужно отметить особый характер этих знаний. Их не найти ни в одной книге. Они не "научны". Я не встречал никого, кто мог бы похвастать, что знает тележное производство не только эмпирически. Я сам — типичный тому пример. Я знал, что задние колеса должны быть высотой пять футов и два дюйма, а передние — четыре фута и два дюйма, что "боковины" нужно резать из четырехдюймовой сердцевины лучшего дуба и т.д. Это я знал, и чем дальше, тем более был в этом уверен; но объяснить необходимость таких требований мне удавалось далеко не всегда. То же и большинство ремесленников. Весь свод их знаний представлял собой лишь путаную сеть деревенских предрассудков, некоторые основания которых были известны в одной местности, а другие — в другой и т.п. В крестьянском дворе, в пивной, на рынке все снова и снова заводился разговор о тех или иных деталях; приобретенные знания сводились воедино в деревенской кузнице или мастерской ремесленника. Возчики, кузнецы, фермеры, колесники — тысячи ремесленников из века в век передавали своим детям или подмастерьям те крупницы понимания, что им удалось собрать. Но по большей части понимание деталей было весьма туманным, а весь свод знаний был чем-то таинственным, частью народной мудрости, он принадлежал коллективно всем людям, но ни одна отдельная личность никогда не владела им целиком".

Чтобы до конца понять, каким образом этот сплав практических навыков и невежества может породить изделия, которым ученый с трудом сможет дать объяснение и в которых глаз художника уловит высокий уровень организации формы, — для этого, наверное, нужно прочесть книгу Стэрта целиком, а может быть, и самому поработать подручным ремесленника. Для наших же целей будет достаточно, если мы из приведенных цитат и иллюстрации сделаем следующие предварительные выводы о путях эволюции кустарных промыслов:

1. Ремесленник не вычерчивает эскиз

своего изделия — а часто и просто не в состоянии сделать это — и не может удовлетворительно объяснить, почему он принимает то или иное решение.

2. Изменение формы кустарного изделия происходит в результате бесчисленных неудач и успехов в процессе многовекового поиска методом проб и ошибок. Этот медленный и дорогостоящий последовательный поиск "невидимых линий" удачной конструкции может в конечном итоге привести к удивительно точно уравновешенному изделию, которое в очень высокой степени удовлетворяет нуждам потребителя.

3. Эволюция кустарных промыслов может привести и к дисгармонии в решениях. Примером может служить изгиб бортов телеги на рис.2.1. Этот изгиб, или "излом", появился в результате стремления тележника сократить радиус поворота и дать передней оси хоть немного больше места для отклонения до того, как переднее колесо коснется борта телеги. Дисгармоничность этого изгиба наводит на мысль о том, что эволюционный процесс развития данного промысла еще не сумел освоиться с неожиданным изменением, которое произошло в Англии в конце XVIII в., когда традиционные двухколесные тележки сменились новыми формами в виде телеги с четырьмя колесами. В этом сказывается несовершенство процесса, при котором изменению каждый раз подвергается лишь что-то одно, а в целом опираются на ранее найденные решения даже в тех ситуациях, когда требуется полная реорганизация всей формы в целом.

4. Хранилищем всей важной информации, собранной в ходе эволюции промысла, является в первую очередь сама форма изделия, которая остается постоянной и изменяется только для исправления ошибок и при возникновении новых потребностей. Частично информация хранится в виде эталонов (профилей сечения и т.п.), а также в виде усваиваемых при обучении ремеслу фиксированных навыков, необходимых для воспроизведения традиционной формы изделия. Можно сказать, что в этих хранилищах содержится "генетический код", необходимый для эволюции промысла.

5. Два класса данных, наиболее важные для современного проектирования, — форма изделия в целом и ее логические обоснования — не фиксируются в символической форме, поэтому их невозможно исследовать и изменить без грубого экспериментирования с самим изделием. Такие эксперименты чреваты опасностью утратить равновесие и "пригнанность", с таким трудом достигнутые в соответствующей конструкции, поэтому к ним прибегают лишь тогда, когда методами постепенной эволюции не удается удовлетворить новым требованиям.

Самым важным выводом для нас, стремящихся установить коллективный контроль над эволюцией искусственной среды, является то, что ни профессиональный проектировщик, ни чертежная доска, на которой можно "подогнать" друг к другу отдельные части конструкции, не представляют собой необходимых условий, без которых не могут быть созданы изделия сложной формы, приспособленные к условиям их применения. Поэтому есть основания надеяться, что наши попытки придать проектированию характер совместной деятельности многих специалистов, каждый из которых решает свою часть проблемы, увенчаются успехом (и это несмотря на то, что сейчас нам с таким трудом дается согласование действий одного специалиста с действиями другого и с непрерывно изменяющейся формулировкой задачи в целом).

2.2. Чертежный способ проектирования

Метод проектирования путем создания чертежей в определенном масштабе, видимо, хорошо знаком многим читателям.

Принципиальная разница между этим ныне общепринятым способом разработки формы для изделий машинного производства и предшествовавшей ему эволюцией форм в кустарных промыслах заключается в том, что здесь поиск методом проб и ошибок отделен от производства, что эксперименты и изменения проводятся на масштабном чертеже, а не на самом изделии. Такое отделение умозрительной разработки от

практического изготовления изделия имело ряд важных последствий:

1. Стало возможным задавать размеры изделия до его изготовления, а это позволило *разделить труд по изготовлению* отдельных частей изделия между несколькими работниками. Это и есть то самое разделение труда, которое знаменует собой одновременно и силу, и слабость индустриального общества.

2. Первоначально именно преимущества, связанные с вычерчиванием изделия до его изготовления, обеспечили возможность создания изделий, *слишком больших для того, чтобы они могли быть изготовлены одним ремесленником*, например крупных судов и зданий. Добиться взаимного согласования частей, выполненных разными ремесленниками, можно только тогда, когда заранее заданы основные размеры. (Обычно в процессе непрерывной пригонки одной детали к другой ремесленник вносит целый ряд мелких изменений и контризмений, так что среди его изделий никогда не бывает двух совершенно одинаковых.) Конечно, несколько ремесленников могут работать вместе над одним крупным изделием, например телегой, без предварительного составления масштабного чертежа. Но тогда стыки частей, выполняемых разными работниками, задаются в виде стандартов на размеры или в форме полномасштабных шаблонов, обязательных для каждого из них. Когда же, как на рис.2.2, количество таких размеров и шаблонов велико, они просто сводятся все в один чертеж. Таким образом, можно считать, что в масштабном чертеже сводятся воедино отдельные его части, которые прежде хранились в форме заученных наизусть размеров, шаблонов и эмпирических правил.

3. Возникшее вместе с масштабными чертежами разделение труда дало возможность увеличить не только *размеры* изделий, но и *темп их изготовления*. Изделие, на создание которого у ремесленника-одиночки ушло бы несколько дней, разбивается на более мелкие стандартные детали, производство которых может идти одновременно, отнимает всего несколько часов или минут и требует лишь однообразного ручного

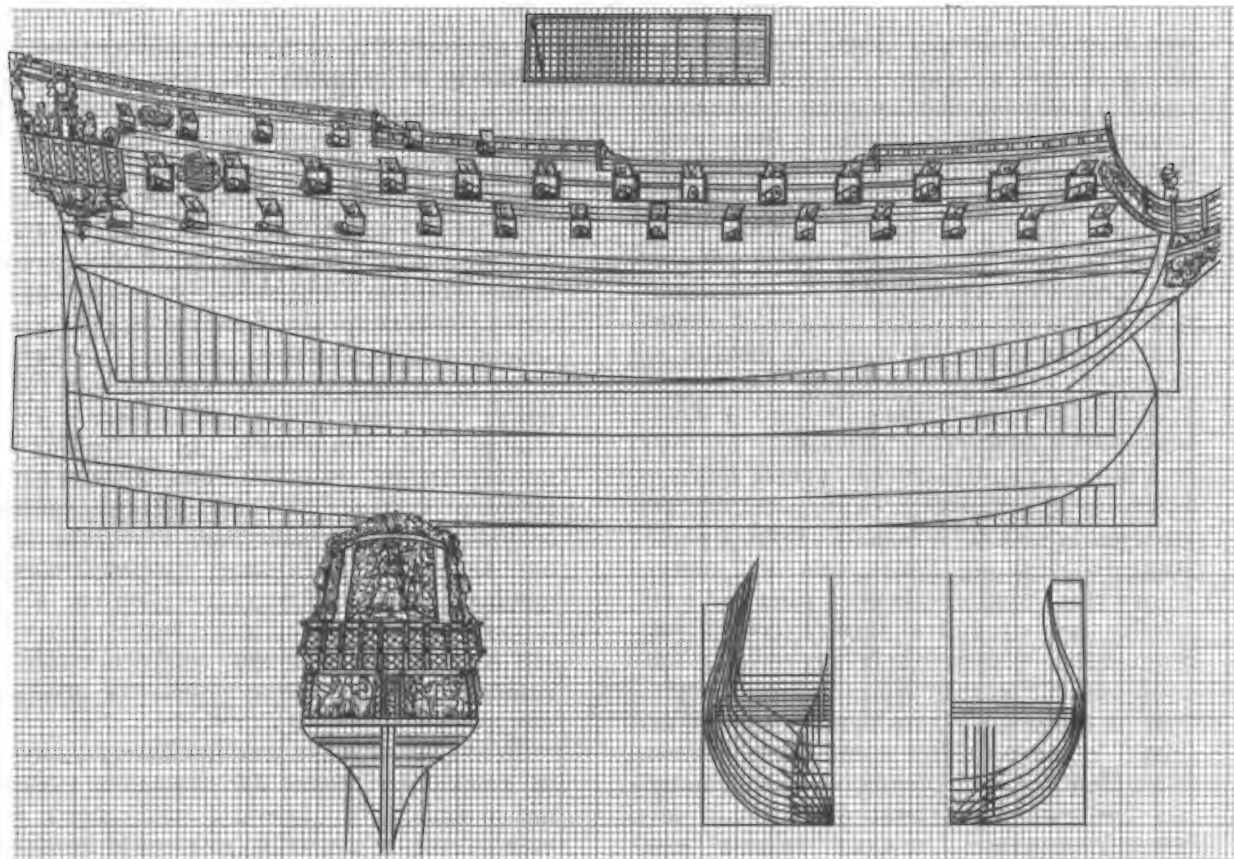


Рис. 2.2. Чертеж судна третьего ютаса постройки 1670 г. (Воспроизводится с рукописи Энтони Дина "Теория кораблестроения", колледж св. Магдалины, Кембридж.)

или машинного труда. Для этого приходится заранее задавать такие размеры, которые ремесленник не стал бы фиксировать, обеспечивая себе возможность маневрирования при взаимной пригонке изделия и частей, при внесении тонких изменений в соответствии с конкретными потребностями данного клиента. Поэтому разделение труда влечет за собой потерю качества, что заставляет нас и по сей день при виде кустарных изделий вспоминать "добрые старые времена".

Естественно, все это приводит к тому, что основная часть трудностей и радостей творчества уходит из производственной сферы и становится уделом нового вида работников, тех, кто изготавливает чертежи. "Проектирование", или "конструирование", выделяется в особую профессию. Как мы увидим

далее, этот происходивший некогда переход от кустарного промысла к проектированию во многом сходен с происходящим ныне переходом от проектирования к проектным исследованиям, о чем в основном и идет речь в этой книге.

Когда геометрические аспекты производства были сведены в чертеж, у проектировщика появилось гораздо более обширное "поле представлений", чем было у ремесленника. Конструктор может видеть все изделие целиком, манипулировать им, и ничто — ни неполнота сведений, ни боязнь дорогостоящей переделки самого изделия — уже не мешают ему вносить в конструкцию даже принципиальные изменения. С помощью линейки и циркуля он легко может найти траекторию движения любой детали и определить, как изменение формы одной из деталей скажется на конст-рук-

ции всего изделия. Этим, пожалуй, и объясняется тот факт, что конструктор — едва ли не единственный специалист современной промышленности, остающийся "целостником", а не "частичником"; он защищает свое творение как единое целое, которое нужно либо принять без изменений, либо же все до основания переделать. Он слишком хорошо знает, сколько труда ему пришлось вложить в многократные циклы изменений, прежде чем было достигнуто тонкое равновесие, закрепленное в окончательном варианте его проекта.

Эта необходимость все время цикл за циклом двигаться по кругу заставляет проектировщика в поисках новых решений работать не более чем над одним проектом одновременно вместо того, чтобы сопоставлять между собой несколько альтернативных проектов. Традиционный метод заключается в том, что на большом листе бумаги или на копиях с исходного эскиза или схемы вычерчиваются последовательные варианты решений. Отправной точкой для проектировщика служит единая конструкция, которая в довольно точном виде предстает перед его мысленным взором. Основным критерием для оценки различных вариантов конструкции служит геометрическая увязка деталей, которую можно определить по чертежу. Таким образом, процесс конструирования чертежным способом можно рассматривать как ускоренный вариант эволюции кустарного промысла, позволяющий за один раз изменять не одну, а целую совокупность деталей.

Соответствие разрабатываемого изделия условиям его изготовления и использования — это уже другой вопрос, и здесь проектировщик чувствует себя менее уверенно, чем ремесленник. Чтобы решить, какая конструкция окажется работоспособной, а какая нет, что можно изготовить, а что нельзя, конструктору приходится полагаться в основном на свою память и воображение. Для преодоления этой трудности введена стажировка конструкторов, во время которой они учатся распознавать нетехнологичные, дорогостоящие и неприемлемые для потребителя варианты решений. При этом "обучение" молодого конструктора обнаружению недостатков в своей рабо-

те проводится не на реальном рынке сбыта и не в реальном производственном процессе, а на основании оценок его руководителя — главного или ведущего конструктора. В производство передаются лишь чертежи, одобренные главным конструктором; значительно больше проектов бракуется в конструкторском бюро. Постепенно хороший конструктор-стажер выучивается предлагать своему руководителю только такие чертежи, которые тот, исходя из своего более богатого опыта, вероятнее всего, одобрит. К сожалению, ни у главного конструктора, ни у его помощников нет точного языка для описания будущих ситуаций, в соответствии с которыми они мысленно оценивают приемлемость предлагаемого проекта, — чертеж обладает тем существенным недостатком, что на нем невозможно отразить требования потребителей и трудности производства.

В какой-то мере эту проблему удается разрешить путем изготовления моделей и опытных образцов для оценки и испытаний, а также путем расчетов для определения эксплуатационных характеристик важнейших деталей и узлов. Эти опытные образцы и расчеты равносильны шаблонам и критическим размерам, с помощью которых ремесленник закрепляет некоторые точки в сложившейся в его воображении сети подлежащих выполнению требований.

Важно отметить следующее: над чертежом одновременно может работать только один человек, и все ситуации, которым должна удовлетворять конструкция, приходится держать в одной голове. Из-за этого на ранних стадиях проектирования чертежным способом работу ведет всего один человек, чаще всего главный (ведущий) конструктор или руководитель группы. Только после того, как ведущему конструктору удалось сформулировать критические подпроблемы данной задачи и найти удовлетворительные решения этих подпроблем (обычно это происходит на той стадии проектирования, которая осуществляется "на обороте старого конверта"), можно распределить работу между несколькими исполнителями. Рассматриваемые здесь новые методы были разработаны в первую очередь как раз для прео-

доления этого недостатка традиционных методов проектирования — невозможности привлечения многих умов к решению задачи на самом важном этапе проектирования.

Последовательность этапов инженер-

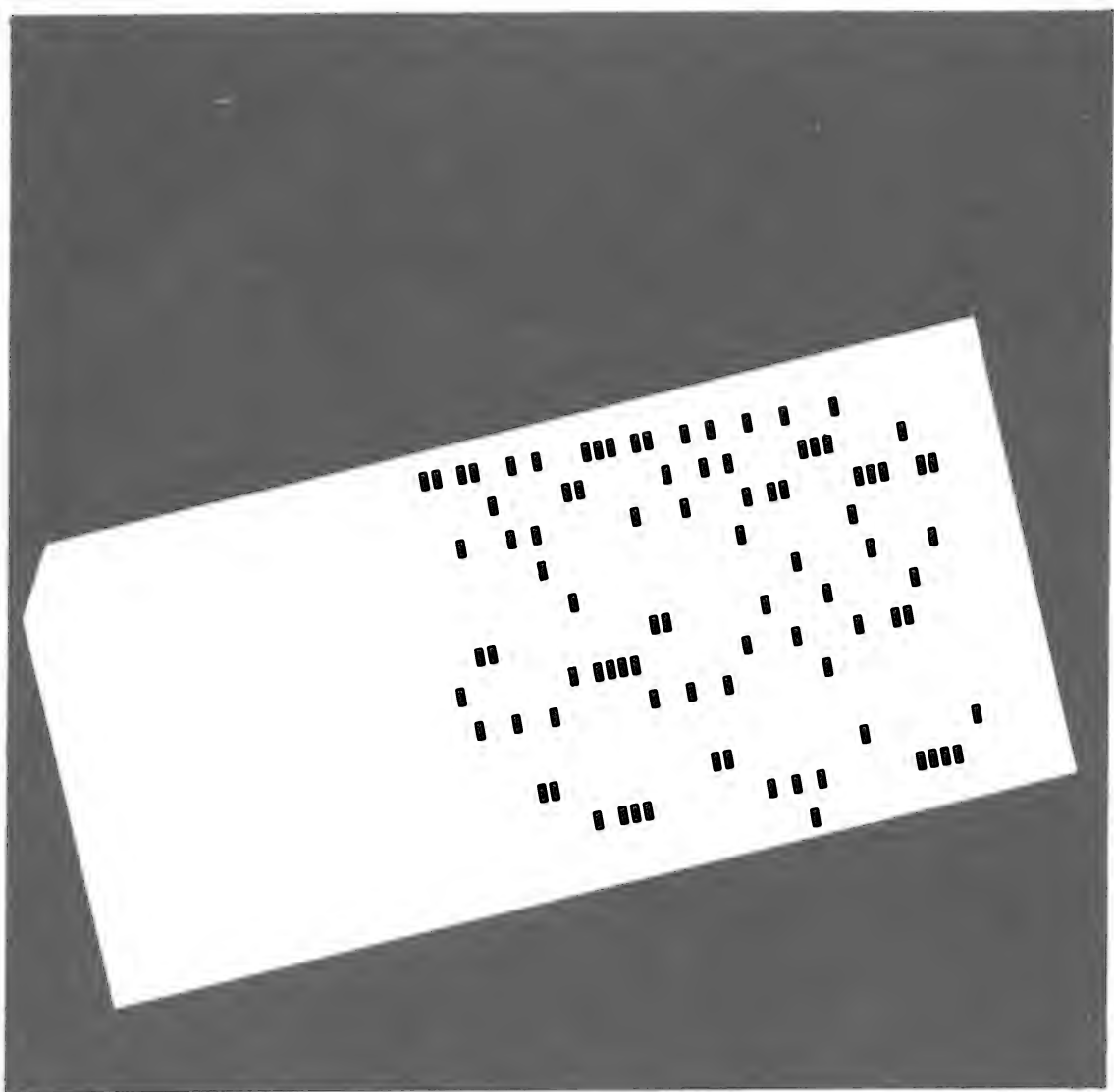
ного конструирования в 1962 г. описал Азимов [6], и почти ту же последовательность для архитектурного проектирования приводит Королевский институт британских архитекторов [16]. Вот эти две последовательности:

ЭТАП	ИНЖЕНЕРНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ	АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
1.	<i>Оценка осуществимости</i> Отыскание комплекса поддающихся осуществлению концепций	1. Зарождение идеи 2. Возможность осуществления 3. Эскизные предложения
2.	<i>Эскизное проектирование</i> Отбор и разработка оптимальной концепции	4. Принципиальное решение планировок
3.	<i>Рабочее конструирование</i> Инженерное описание конструкции	5. Рабочее проектирование
4.	<i>Планирование</i> Оценка и изменение концепции в соответствии с требованиями производства, сбыта, эксплуатации и ликвидации использованного изделия	6. Производственная информация 7. Спецификации материалов 8. Сбор заявок на подряды 9. Организация строительства 10. Строительные работы 11. Завершение работ 12. Обратная связь

За различной и несколько условной терминологией, принятой в этих двух областях деятельности, проглядывает явное сходство методик. В обоих случаях проектирование начинается (этап 1) с восприятия информации. На ее основе быстро выстраивается некоторый комплекс альтернативных решений *изделия в целом*. На этапе 2 нужно отобрать одно из этих решений для дальнейшей разработки. Когда эта конструкция продумана настолько, что удовлетворяет главного конструктора, начинается рабочее конструирование, во время которого работу параллельно ведет много людей (этапы 3 и 4). Ясно, что если в начале этапа рабочего конструирования

обнаружится ложность посылок, на которых построен исходный вариант конструкции, этот процесс не сможет быть реализован.

Конечно, в мире можно найти немало технических изделий и строительных конструкций, свидетельствующих об успешном применении в прошлом чертежного способа проектирования. Однако, как мы увидим в гл.3, принцип, в соответствии с которым для определения формы целого *достаточно, чтобы части этого целого были продуманы одним лишь главным конструктором*, непригоден в новых ситуациях, когда необходимый для этого опыт выходит за пределы возможностей одного человека.



"... сама действительность -- это система детерминизмов, а свобода состоит в преодолении этих детерминизмов и в пренебрежении ими".

Жак Эллиоль, 1964

Ellul J., The technological society, Alfred A. Knopf and Random House, Vintage Book V -- 390, New York, 1964.

Необходимость новых методов

Из того, что пишут теоретики проектирования, явствует, что традиционный чертежный способ слишком прост для условий непрерывно возрастающей сложности искусственной среды. Это мнение получило широкое распространение и, пожалуй не требует дальнейших комментариев. Однако ниоткуда не следует, что новые методы, рассматриваемые в этой книге, будут лучше. Нет никаких убедительных свидетельств того, что хотя бы авторам новых методов удалось добиться их успешного применения, и многое говорит за то, что новички в области методологии проектирования, сталкиваясь с трудностями, зачастую прибегают к более освоенным, хотя и менее соответствующим цели, приемам. Основная трудность заключается в том, что проектировщик утрачивает контроль над ходом разработки, так как ему кажется, будто используемый им системный метод уводит его, все дальше от искомого решения.

Эта постоянно встречающаяся трудность заставляет предположить, что появившиеся до сих пор новые методы дают лишь частичное решение современных проблем проектирования. Если это верно, то прежде, чем браться за создание новых методов, стоит внимательнее разобраться в причинах, которые заставляют отказаться от старых. При этом мы, может быть, сделаем вывод, что от некоторых аспектов традиционных приемов проектирования следует отказаться, другие же необходимо сохранить. Чтобы определить сильные и слабые стороны традиционных методов, попытаемся ответить на четыре принципиальных

вопроса:

1. Как решаются сложные задачи при традиционном проектировании?
2. В каком отношении современные задачи проектирования сложнее традиционных?
3. Какие межличностные барьеры мешают решению современных задач проектирования?
4. Почему сложность современных задач оказалась непосильной для традиционного процесса проектирования?

Это трудные вопросы, которые заслуживают глубокого исследования; пока же такое исследование не проведено, можно дать лишь некоторые приблизительные ответы.

3.1. Как решаются сложные задачи при традиционном проектировании?

Мы уже видели, что черчение в масштабе — главный инструмент традиционного конструктора и проектировщика — имеет своей целью значительное расширение "поля представлений" проектировщика по сравнению с ремесленником. Оно дает ему возможность изменять форму изделия в целом вместо того, чтобы, подобно ремесленнику, вносить в нее лишь мелкие коррективы. Таким образом, масштабный чертеж можно

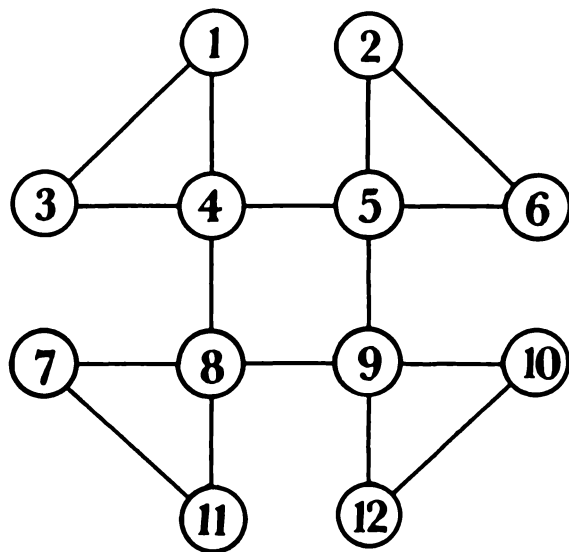
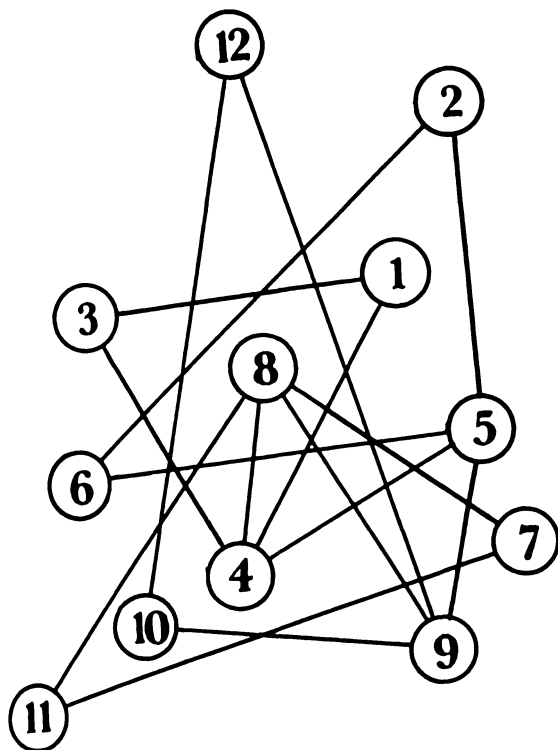
рассматривать как легко видоизменяемую модель взаимоотношений между деталями и узлами, из которых состоит изделие. Благодаря тому что эта модель легко поддается пониманию и изменению и способна хранить временное решение для одной детали, пока прорабатывается другая, проектировщик получает возможность решать задачи столь невообразимой сложности, что их решение другими способами было бы невозможно. Если, например, конструктор создает изделие, состоящее из десяти деталей, и каждую деталь можно выполнить десятью различными способами, то общее число вариантов конструкции равно десяти миллиардам (10^{10}), из которых он должен выбрать какой-то один. Если же он использует чертеж для выбора одного комплекса из десяти геометрически совместимых друг с другом деталей, его задача сводится лишь к десятикратному выбору среди десяти частных решений. Общее количество альтернативных вариантов сокращается с десяти миллиардов до сотни. Даже если впоследствии он исследует еще девять конструкций (т. е. комплексов геометрически совместимых деталей), ему все же придется иметь дело только с тысячей возможных вариантов. Таким образом, мы видим, что масштабный чертеж резко сокращает затраты времени на выбор приемлемого варианта из огромного числа альтернатив. Это происходит потому, что чертеж позволяет разработчику игнорировать почти все поле поиска и сконцентрировать свое внимание на тех небольших его участках, где можно ожидать приемлемых решений.

Когда же конструктор от внутренней увязки нового изделия переходит к его согласованию с внешними условиями, чертеж становится уже бесполезным, и разработчику приходится опираться в основном на свой опыт и воображение и — в меньшей степени — на расчет и испытание тех параметров, которые считаются наиболее важными для работы изделия. Слова "опираться на свой опыт и воображение" не так уж много говорят нам об этой загадочной — и, несомненно, важной — стороне проектирования. Наилучшее, что мы здесь можем предпринять, это обратиться к описаниям процессов творческого

мышления, составленным различными авторами как на основе их собственного опыта, так и по наблюдениям за работой других. Литература по этому вопросу (ее обзор дает Бродбент [17]) обильна, но почти бесполезна, так как речь в ней идет по большей части о таких актах мыслительной деятельности, которые по предположению должны были бы иметь место, но бесспорные свидетельства существования которых привести не удастся. Однако почти все авторы единодушно отмечают следующие при факта, представляющие большой интерес для нашего исследования:

1. Очень часто человек, стоящий на пороге оригинального решения, в течение длительного периода, как кажется, только впитывает информацию, сравнительно бесплодно работает над, казалось бы, тривиальными задачами, увлекается посторонними делами. Этот период известен как "вынашивание идеи".
2. Решение трудной задачи или возникновение оригинальной идеи зачастую происходит совершенно неожиданно ("озарение") и носит характер резкого изменения формулировки задач (смены "установки"). В результате такой трансформации сложная задача нередко становится простой.
3. Врагами оригинальности являются негибкость мышления [18] и склонность принимать желаемое за действительное. Эти свойства проявляются в том, что человек ведет себя гораздо более "упорядоченно", чем того требует ситуация, или же неспособен заметить факторы внешней среды, которые воспрепятствуют осуществлению его идей.

Из этих наблюдений о характере творческого мышления и из сделанных ранее замечаний о роли чертежа мы можем прийти к выводу, что основной метод решения сложных задач заключается в их преобразовании в более простые. Этот процесс перекодирования или изменения структуры задачи основан на использовании некоторого образа (в нашем случае — чертежа или мысленной картины конструкции), который выдвигает на передний план наиболее важные стороны проекта. В свою



Сложная сеть, изображенная на левом рисунке, становится намного проще, если ее узлы перераспределить в другом порядке, как показано на правом рисунке. Это равносильно "смене установки", которая иногда позволяет решить дотоле неразрешимую задачу.

очередь для преодоления трудностей и разрешения конфликтов путем такого преобразования задачи необходимо, во-первых, чтобы проектировщик мог достаточно глубоко и точно судить о том, как изменится формулировка задачи при внесении в конструкцию тех или иных существенных изменений, и, во-вторых, чтобы никакие субъективные или объективные препятствия не мешали проектировщику мыслить и действовать нестандартно. Можно предположить, что при выборе путей преобразования задачи при конструировании проектировщик будет опираться на свои этические убеждения и свою систему ценностей. Таким образом, мы видим, что в способности человека сводить сложные задачи к простым проявляется не только понимание этим человеком реальностей внешнего мира, но и его представление о том, что хорошо и что плохо, что кра-

сиво и что уродливо, что приносит радость и что вызывает скуку. Поэтому не удивительно, что требование внести в проект изменения вызывает эмоциональную — и явно нелогичную — реакцию.

Из короткого анализа процесса проектирования чертежным способом и общепринятых представлений о любом процессе творческого мышления мы видим, что традиционный способ решения сложных задач состоит в том, чтобы в каждый данный момент рассматривать лишь одну концепцию целого. Воплощенный в форме чертежа, этот принцип позволяет резко сократить гигантское — и в противном случае не поддающееся перебору — количество возможных решений, касающихся формы и положения каждой части конструкции. Когда такая стратегия упрощения не приводит к удовлетворительному результату, про-

ектировщик преобразует концепцию, заложенную в чертежах, и заменяет ее новой концепцией, которая может коренным образом отличаться от первой и призвана ликвидировать источник первоначальных трудностей. Оказывается, предшествующий период накопления опыта и вынашивания идеи нужен был, чтобы построить в уме точную модель того, насколько проектная ситуация чувствительна к крупным изменениям концепции и какое они могут оказать на нее влияние. Таким образом, можно сказать, что в традиционных методах проектирования сложность создания проекта преодолевается путем выбора временного решения в качестве средства для оперативного исследования как ситуации, которой должен удовлетворять проект, так и взаимосвязей и зависимостей между составными частями конструкции.

3.2. В каком отношении современные задачи проектирования сложнее традиционных?

Пожалуй, самым явным признаком того, что нам нужны более совершенные методы проектирования и планирования, является наличие в промышленно развитых странах крупных неразрешенных проблем, возникших в связи с применением искусственно созданных предметов. Примерами могут служить транспортные заторы, проблема парковки автомобилей, несчастные случаи на дорогах, теснота в аэропортах, шум самолетов, проблемы развития больших городов и хронический дефицит таких социальных услуг, как медицинское обслуживание, народное образование, пресечение и раскрытие преступлений. Эти недостатки нельзя считать ошибкой природы или "бичом божьим" и пассивно мириться с ними — напротив, их можно рассматривать как результат человеческого неумения предвидеть ситуации, которые возникают в результате появления проектируемых человеком изделий. С таким выводом многие не согласятся, так как он возлагает слишком большую ответственность на проек-

тировщиков и слишком малую на всех остальных людей. Но тогда давно пора каждому, на кого влияют ошибки и недостатки проектировщиков, принять участие в процессе проектирования.

Если внимательно рассмотреть расширение процесса проектирования при включении в него помимо вопросов создания изделий также и задач проектирования систем (т. е. связей и отношений между изделиями), мы увидим, что при этом к иерархии предметов, относящихся к традиционной сфере деятельности проектировщика, добавляется еще одна ступень. Если же еще более расширить объем понятия "проектирование", включив в него политические и социальные аспекты поведения потребителей, связанные с отношениями между системами, обнаружится наличие еще одной ступени — уровня общественных групп, или "социальной сферы" (рис. 3.1).

Многие нерешенные проблемы проектирования встречаются в этой иерархии уже на уровне систем. В настоящее время этот уровень лежит вне сферы традиционного проектирования и в то же время ниже уровня эффективной деятельности социальной сферы. Пока все говорит за то, что для ликвидации таких неприятных явлений, как транспортные пробки или дефицит дешевой жилой площади, недостаточно действий только социальной сферы, исходят ли они от правительства страны, муниципалитета или группы лиц, особенно страдающих от этих явлений. Отсюда становится очевидной необходимость сочетания силы политического воздействия и организационного планирования с гибкостью и силой предвидения, свойственными процессу проектирования изделий, чтобы в разработке систем в представленной на рис. 3.1 иерархии процветала гармония, а не нарастал беспорядок. Это потребовало бы "вертикального" проектирования, направленного вдоль каждой ветви дерева, изображенного на рис. 3.1, что позволило бы предвидеть результат каждого решения проектировщика на каждом из четырех уровней. Некоторые возможности такого расширенного процесса проектирования рассматриваются в гл. 5.

Увеличение (с двух до четырех) количества иерархических ступеней,

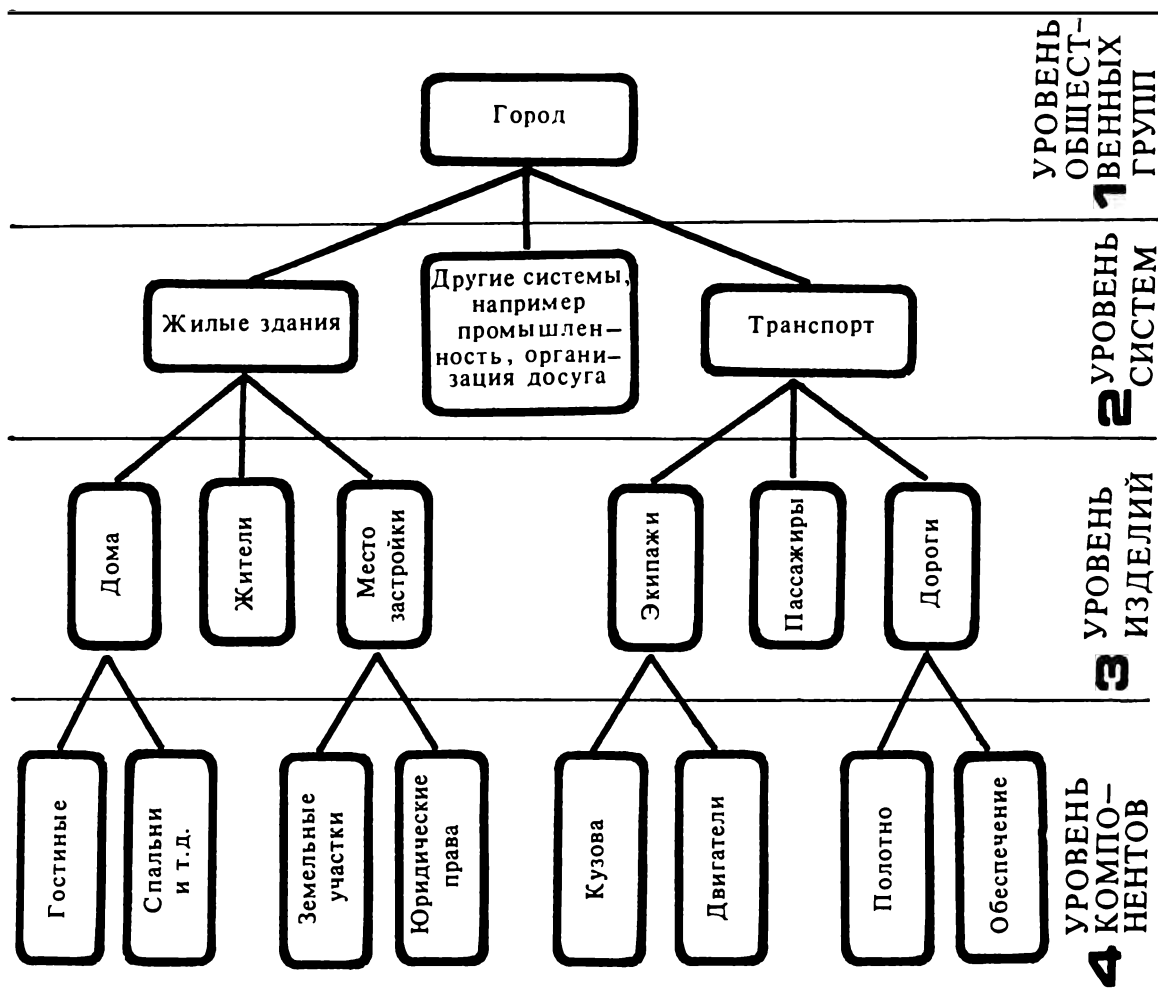


Рис. 3.1.

открытых для проектирования, означает резкое уменьшение стабильности проектной ситуации и одновременно с этим существенное повышение ее сложности. Такое расширение сферы проектирования по меньшей мере равноценно совершенному ранее переходу от кустарного промысла к чертежному способу проектирования, т. е. переходу от самой первой ступени иерархии к двум нижним ступеням. Такой переход (переход к ситуации, которую Бакминстер Фуллер назвал "тотальным проектированием") не может не привести к самым серьезным последствиям, так как он предполагает возможность осуществлять непрерывную перестройку сверху донизу всей структуры индустриального общества. После утраты былой уверенности в устойчивости на среднем уровне — сначала из-за отсутствия больших систем, а затем из-за беспомощности перед лицом их неуправляемого роста — пожалуй,

почти не остается несомненных положений и надежных точек опоры. В условиях этой новой лабильности наиболее вероятными препятствиями к изменениям и факторами преемственности становятся уже не физические пределы возможностей материала, а идеи, мнения, ценности и убеждения отдельных людей. Поэтому можно ожидать, что выбор технических решений будет все в большей мере определяться общественными воззрениями и идеологией. Каким иным способом найти ответ на такие принципиальные вопросы, как равновесие между свободой потребительского выбора и централизованным руководством при разработке автоматизированных систем городского транспорта (взамен личных автомобилей) или при развитии сети учебного телевидения (взамен школ и высших учебных заведений)? Ясно, что расширенный процесс проектирования, который необходим, но пока не реа-

лизован, должен учитывать политические и моральные факторы и неопределенности и давать информацию соответствующим общественным институтам. Естественно было бы задуматься над вопросом: в чем заключалась бы разница между автоматизированными системами транспорта или сетями учебного телевидения, воплощающими капиталистические, католические или, скажем, буддистские принципы? И не возникнет ли какая-нибудь новая, более универсальная, чем эти, система взглядов, когда появится необходимость во всемирной унификации больших систем?¹⁾

Очевидно, что проектировщики будущего найдут неведомые ныне отправные точки. Их задача будет заключаться в том, чтобы воплотить в жизнь новые

идеи, отбросив при этом физические и организационные основы старых. В этих условиях бессмысленно рассматривать проектирование как удовлетворение существующих потребностей. Новые потребности возникают, а старые исчезают в ответ на изменение системы имеющихся возможностей их удовлетворения. Теперь задача проектирования уже не состоит в увеличении стабильности искусственной среды; она состоит в изменении — на благо или во вред — того, что определяет направление развития этой среды.

Пожалуй, труднее всего будет приспособиться именно к этой неустойчивости настоящего перед лицом технических изменений, которые были запланированы в прошлом и должны



1) Здесь автор отдает дань модным на Западе теориям "конвергенции" и "постиндустриального общества". Критику этих концепций см., например, в книге: Человек — Наука — Техника (опыт марксистского анализа научно-технической революции). — М.: Политиздат, 1973. — Прим. ред.

сбыться в будущем. Ведь мы до сих пор не свыклись с теперь уже общепризнанным утверждением, что изучение сегодняшних потребностей вовсе не всегда позволяет предсказать, что будет нужно людям в будущем, когда появятся новые технические возможно-

сти. Какую пользу мог бы извлечь Генри Форд от исследования рынка личных легковых автомобилей в период 1914 г. и что может дать тем, кто ныне стремится разрешить проблемы транспортных заторов, изучение нужд современного потребителя в автоматизации городского транспорта?

Очень многим людям придется отрешиться от веры в устойчивость настоящего, чтобы создать социальные предпосылки для планирования на основе того, что *будет* осуществимо завтра, а не на основе того, что *было* достижимо в недавнем прошлом. Новая мысль, которую здесь нужно усвоить, заключается в следующем: не столь важно во всех подробностях понять, каким образом современное население приспособилось к существующей обстановке; главное — определить, насколько легко или трудно население будущего преодолит порог между сегодняшним положением вещей и каждым из нескольких возможных вариантов реорганизации искусственной среды в будущем.

Возвращаясь от этой общей панорамы к реальным условиям современного проектирования, мы сталкиваемся с рядом дополнительных осложнений, которые не встречались проектировщикам раньше. Одни из этих осложнений являются внешними по отношению к изделию, другие свойственны самому объекту проектирования. Некоторые из них перечислены ниже.

Внешние осложнения

1. *Перенос технических решений*, т.е. планомерный поиск в отдаленных отраслях технологии таких изобретений и разработок, которые позволяют решить данную задачу проектирования. Пример: использование новейших достижений в области производства пластмасс позволило резко понизить стоимость и расширить сбыт домашней мебели.

2. *Возможность возникновения побочных эффектов* при использовании нового разрабатываемого изделия, которую необходимо прогнозировать на ранней стадии проектирования, когда еще можно с их учетом изменить конструкцию из-

делия и организацию системы. Пример: изучение общественного мнения на шум реактивных самолетов до принятия окончательного решения о создании в США сверхзвукового пассажирского лайнера.

3. Применение единых фирменных, национальных или международных *стандартов* для обеспечения *совместимости* изделий взаимодействующих систем. Примеры: межконтинентальные стандарты на цветное телевидение, электрические вилки и розетки, детали для крупноблочного строительства, требования к безопасности автомобилей и др.

4. *Чувствительность к совпадениям*, часто возникающая в тех случаях, когда один и тот же человек использует изделия, принадлежащие двум различным системам. Пример: конструкцию и технологию производства пластмассовых стульев пришлось изменить потому, что от мелких неровностей на поверхности стула распускались петли на нейлоновых чулках, так что такие стулья перестали пользоваться спросом. Могли ли создатели стульев и создатели чулок заранее предвидеть, что их изделия вступят в критическое взаимодействие, когда носить чулки и сидеть на стуле будет один и тот же человек? Количество таких возможных совпадений для любой конструкции колоссально.

5. Невозможность устранения крупных несоответствий между изделиями без реорганизации всей системы отношений и *коренного преобразования изделий*, которое позволяло бы перераспределить функции. Пример: невозможность решения проблемы транспортных заторов, пока функции управления движением от жесткой системы дорожных знаков и действий самих водителей не будет передано автоматической системе управления (см. разд. 11.4.).

Внутренние осложнения

1. Постоянный *рост капиталовложений*, необходимых для получения существенного экономического эффекта от новой конструкции. Пример: растущие расходы

на технологическую подготовку производства нового самолета, нового автомобиля, системы управления дорожным движением, крупноблочного строительства. В результате стоимость ошибки проектировщика настолько возрастает, что каждый проект должен быть удачным с *первого предъявления*, а поиск методом проб и ошибок недопустим.

2. Трудность *приложения* сведений, заимствованных из *посторонних источников*, к имеющейся задаче проектирования без нарушения внутреннего равновесия между частями конструкции, которого удалось добиться на предыдущих стадиях проектирования. Пример: инженер-механик может предложить способ увеличения прочности формованной пластмассовой детали, не сознавая, что он при этом разрушает интуитивно найденное технологом тонкое соответствие между геометрией отливки и скоростью ее затвердевания.

3. Крайняя сложность определения *рациональной последовательности принятия решений*, когда поток новых потребностей, новых технологических процессов и новых идей непрерывно изменяет систему отношений между параметрами решения. Можно ли, например, установить определенную последовательность принятия решений и тем самым исключить излишние пересмотры проекта при проектировании лекционного зала, когда такие факторы, как развитие учебного телевидения или рост числа и многолюдности конференций, влияют на самый характер деятельности как лектора, так и аудитории?

Наверное, этот список неполон, а некоторые его пункты частично перекрывают друг друга, но он не оставляет сомнений в том, что самый характер новых трудностей проектирования не позволяет решить их одному конструктору "в уме", а чертежная доска здесь тоже не поможет. В таком случае посмотрим, нельзя ли при принятии проектных решений использовать знания многих других людей.

3.3. Какие межличностные барьеры мешают решению современных задач проектирования?

Рассмотрев различного рода трудности, свойственные современным задачам проектирования, мы можем теперь проследить некоторые межпрофессиональные и межличностные последствия, вытекающие из стремления привлечь к работе всех людей, на которых влияют результаты проектирования.

Коллективное проектирование?

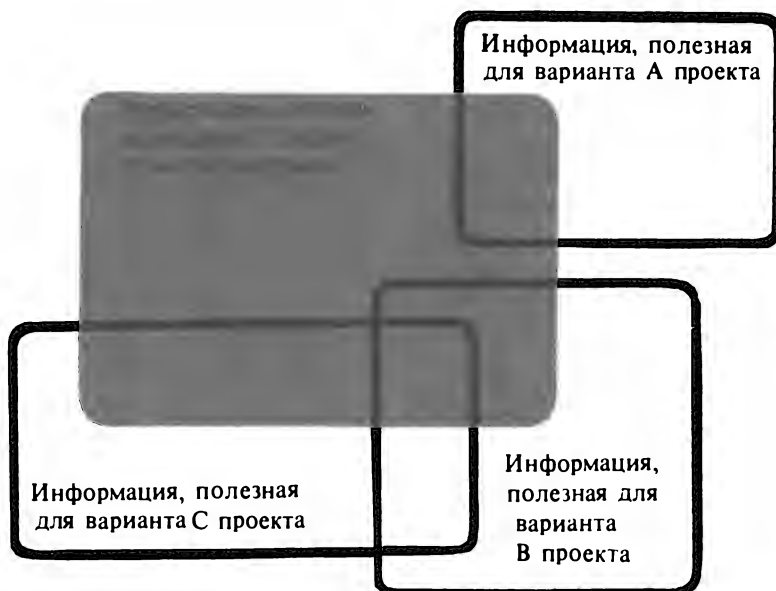
Нашим недоверием к комиссиям проектировщиков мы, по-видимому, отчасти обязаны таким мифотворцам, как Норткот Паркинсон [19], и таким его остроумам, как "верблюд — это коллективно сконструированная лошадь". Вряд ли это мнение соответствует действительности: существует множество сложных объектов, таких, как автомобили, больницы или ракетные системы, при проектировании которых принципиальные решения принимались коллективно и не могли быть приняты единолично. Быть может, мы просто не научились видеть разницу между большинством неработоспособных комиссий, в которых председатель и члены не умеют сотрудничать в выработке решения, и меньшинством крайне влиятельных комиссий, председатель и члены которых выбираются в соответствии с их уровнем знаний, умением понять чужие интересы и способностью к сотрудничеству. Комиссии этого рода чаще всего встречаются в крупных международных корпорациях, технических управлениях и группах военного планирования, где каждый предан общим интересам и уже поэтому становится "человеком организации". Можно критиковать узость их интересов, но нужно признать, что в этих рамках комиссия способна эффективно разрабатывать проектные решения.

Из этих наблюдений вытекает вывод о том, что межличностные трудности

проектирования можно преодолеть, если найти способ объединения усилий бригады проектировщиков, и что эти трудности сильно возрастают, если необходимое изменение проекта идет вразрез с интересами тех, кто призван сотрудничать в этом деле. Льюис [20] в подробном и точном описании эксперимента по групповой коммуникации показывает, что члены групп могут совершенно не замечать возникающего между ними непонимания, а разобравшись в реальном положении вещей, иногда теряют способность двигаться вперед широким фронтом. По его мнению, для преодоления этой трудности каждому члену группы нужно выделить роль, соответствующую его компетентности в каждом из рассматриваемых вопросов. Но как это сделать, если никто из присутствующих не может судить о знаниях других членов группы или о том, насколько эти знания существенны или несущественны для принятия правильного решения?

И это, наверное, не единственное затруднение, которое может возникнуть, когда бригада проектировщиков, состоящая из представителей разных профессий с различными интересами, ищет решение задачи на уровне системы (рис. 3.1), причем задача не может быть решена без преобразования и упрощения существующих зависимостей между переменными, а для этого пришлось бы отказаться

от существующих конструктивных решений и создать новые комплексы изделий, лучше увязанных друг с другом. Например, чтобы сократить время пребывания авиапассажиров в пути, возможно, не столько нужны более скоростные самолеты или более быстроходные средства транспорта для связи между городом и аэропортом, сколько преобразование и изменение систем регистрации билетов, таможенного досмотра и взвешивания багажа таким образом, чтобы эти операции производились во время движения пассажиров, а не тогда, когда они находятся на месте. Такое решение потребовало бы радикального пересмотра конструктивных форм самолетов, автобусов для связи с аэропортами и самих аэропортов и, вероятно, повлекло бы за собой разработку систем с гораздо более высокой, чем сейчас, степенью автоматизации функций регистрации билетов, таможенного досмотра, обработки багажа и обмена валюты [21]. Для осуществления этой идеи все смежные организации – бюро путешествий, банки, изготовители чемоданов и сумок, таможенные власти, телефонные системы, таксомоторные парки – вынуждены были бы провести максимально возможную стандартизацию своей деятельности и оборудования. Авиапассажиры получили бы огромную выгоду, сократив общее время нахождения в пути примерно вдвое, но многочислен-



ные организации, которым пришлось бы проводить столь значительную перестройку, вряд ли получили бы за нее какую-нибудь компенсацию.

Обратимся теперь к различным организациям, куда в период своего существования попадает новое изделие (см. рис. 1.1), и рассмотрим межпрофессиональные и межличностные препятствия, возникающие при необходимости проведения проектных работ одновременно на уровне систем и на уровне изделий.

1. Заказчики

В основе всех затруднений лежит тот факт, что заказчики, финансирующие разработку новых систем, чаще всего имеют слишком узко направленную материальную заинтересованность и обладают недостаточным влиянием на других операторов систем, с которыми им приходится сотрудничать. Чаще всего бригада проектировщиков получает краткое техническое задание, отражающее интересы заказчиков на данный момент. В ответ проектировщики могут выдвинуть встречные предложения, которые, как они справедливо считают, позволят существенно, а не только поверхностно повысить эксплуатационные характеристики системы. Если в этих встречных предложениях будут обрисованы принципиально новые виды изделий, необходимые для осуществления этих предложений, то заказчики едва ли сразу воспылают любовью к этому незнакомому им младенцу и вряд ли распознают в нем важный элемент их собственного будущего. Такой холодный прием еще более вероятен, если возросшие размеры системы потребуют в будущем слияния финансирующей организации с другими фирмами.

2. Бригада проектировщиков

Если бригада проектировщиков представляет собой работоспособную группу "людей организации", объединенных общими интересами своего предприятия, то ее членам могут оказаться по плечу самые глубокие преобразования, какие только можно осуществить в пределах данной организации. Если же для решения задачи необходимо изменить грани-

цы организации, группе придется учитывать новые интересы и включить в себя представителей новых специальностей, которые до сих пор в ней не работали и не имели времени ознакомиться с позицией и способностями каждого члена группы. Некоторые из них по своему опыту и знаниям будут слишком тесно связаны с теми компонентами существующей системы, которые сдерживают прогресс, и может оказаться, что ни один из них не обнаружит достаточного понимания и опыта для того, чтобы быстро оценить возможности реализации всех или некоторых новых элементов, необходимых для совершенствования системы. Кроме того, проектировщики будут часто проходить мимо того факта, что элементы существующей системы, которые войдут в новую систему, будут работать в ней в изменившихся условиях, так что на сохранение их показателей и их надежность уже нельзя полагаться без новых, тщательно проведенных испытаний. Каждое предложение потребует длительной и дорогостоящей оценки, и, следовательно, будет утеряна способность быстрого продвижения вперед благодаря интуитивным догадкам, основывающимся на точных знаниях. В результате каждое радикально новое предложение либо будет приниматься без должного обоснования, либо постепенно сведется всего лишь к небольшой модификации существующего положения.

3. Поставщики

Поставщики материалов и комплектующих изделий легко могут переоценить имеющиеся у них возможности удовлетворить требования, предъявляемые радикально новым изделием, и не заметить многочисленных препятствий, которые им придется преодолеть при детальном приспособлении своего производства к требованиям новой конструкции. Однако им зачастую может быть безразлична форма существующего изделия, их может интересовать лишь объем и регулярность заказов, которые они рассчитывают получить. Поэтому контакты с потенциальными поставщиками на ранних этапах разработки крупного проекта могут помочь преодолеть многие силы,

оказывающие сопротивление всякому изменению существующего положения.

4. Изготовители

Основная трудность здесь не в том, что изготовители (инженеры-технологи) противятся изменениям, а в том, что им не удастся сколько-нибудь точно прогнозировать стоимость предлагаемых изменений в проекте до того, как будет разработана подробная технология, т. е. когда такие прогнозы в значительной мере уже потеряют свою ценность для бригады проектировщиков. Дело в том, что уже весьма незначительные изменения конструкции могут сильно повлиять на издержки производства изделия. На вопрос об осуществимости и стоимости определенного конструктивного решения, еще не воплощенного в рабочие чертежи, конструктор чаще всего получает от технолога один из следующих двух одинаково бесполезных ответов: "совершенно нетехнологично" или "никаких проблем". Ни в том, ни в другом случае технолог не может убедительно аргументировать свое утверждение, и у конструктора создается впечатление, что это совершенно необоснованный ответ самоуверенного человека. Таким образом, одним из следствий реорганизации системы является лишение проектировщиков точных стоимостных оценок, без которых не может быть уверенности в целесообразности предлагаемых крупных изменений.

5. Работники сбыта

Каналы сбыта — наверное, самый стабильный элемент во всей этой картине. Их создание и изменение требуют наибольших затрат, поскольку они строятся на трудно приобретаемом опыте и доверии тех людей, которым удалось согласовать существующую продукцию с широко варьирующимися взглядами оптовиков, работников рекламы, агентов по распространению и розничных торговцев, каждый из которых по-своему понимает интересы потребителя. Сбытовики не всегда материально заинтересованы в сохранении существующей конструкции изделия; нередко они высказывают свое недовольство фирмой, которая не поспевает за происходящи-

ми, по их мнению, изменениями спроса. Им, однако, свойствен тот недостаток, что они неизбежно смотрят на потенциальный спрос глазами покупателя, с которым они встречаются, а такой взгляд по самой своей природе направлен лишь на небольшие отклонения от существующего, поскольку у покупателя никакого иного опыта нет. Таким образом, проекты радикального улучшения технических характеристик изделия встретят поддержку сбытовиков лишь в той мере, в какой потребитель уже начал требовать таких изменений.

6. Покупатели

Иногда покупатель и потребитель соединены в одном лице, иногда же это разные люди. В любом случае их, однако, надо рассматривать по отдельности из-за очевидного различия между реакцией человека на изделие, которое он никогда ранее не видел, и его же реакцией на него после того, как он приобрел опыт пользования этим изделием и приспособился к нему. Больше всего препятствуют переменам, во-первых, неумение покупателя заранее определить свою или чужую способность приспособиться к новому изделию и, во-вторых, "выставочный эффект", благодаря которому новое изделие обладает или не обладает непосредственной силой воздействия на покупателя, позволяющей ему преодолеть его природную нерешительность. Здесь снова конечный результат получается не в пользу радикально новой конструкции, потому что заявления об ее эксплуатационных преимуществах покупателю приходится принимать на веру и потому что потенциальный покупатель обычно стремится приобрести такое новое изделие, которое придавало бы ему самому желательные для него черты в глазах окружающих. Потребитель очень чувствителен к небольшим, но имеющим значение различиям в стиле, цвете или рисунке, но может быть совершенно равнодушен к подлинно новым формам, которые не приобрели еще широкого признания или социальной значимости. Эта особенность отношений покупателя — сильный аргумент *против* того, чтобы базировать новые конструкции на результатах опросов покупателей и выявлении их предпочтений.

7. Потребители

Как уже говорилось, потребители очень медленно приспосабливаются к изменениям в конструкции изделий и не могут заранее определить свою реакцию на них. Можно с уверенностью утверждать, что потребитель готов рисковать большими потерями в отдаленном будущем, если соответствующим образом стимулировать приспособление его к неблагоприятным условиям. В силу этого человек, например, привыкает разговаривать в условиях сильного шума на рабочем месте, что в конечном счете грозит ему глухотой. Те, кому приходится сталкиваться с этим жизненно важным вопросом, должны иногда пренебрегать мнением потребителя и исходить в своей деятельности в первую очередь из результатов объективных наблюдений за поведением потребителя и из моральных и экономических оценок вреда и пользы от такого приспособления.

8. Операторы систем

Когда речь идет об исключительном случае — создании принципиально новой системы, ответственность за которую еще никто на себя не взял, — интересы и взгляды операторов существующих систем лишь частично будут отражать достоинства и недостатки разрабатываемой системы. В приведенном выше примере (сокращения времени пребывания в пути пассажиров авиалиний) можно ожидать, что руководство авиакомпаний будет склонно переоценивать возможности новой системы, а руководители смежных организаций, без содействия которых не удастся реализовать такую систему, отнесутся к ее идее более пессимистично. Здесь мы опять сталкиваемся с тем, что заинтересованные лица не умеют и не привыкли оценивать влияние, которое сколько-нибудь существенные изменения могут оказать на них самих и на их организации.

9. Общество

На дальнем конце цепи событий, из которых складывается история создания и существования изделия, лежит та единственная сфера, в которой отражаются все радикальные изменения, внесенные при разработке новой или реорганизации старой системы. Политические действия и общественный протест — за-

частую единственные каналы, по которым удается оказывать влияние на основные аспекты социально-технических изменений. Однако существующие политические институты и группы давления не имеют средств для сколько-нибудь удовлетворительной оценки технических решений на всех рассматриваемых нами уровнях и слишком чувствительны к кратковременным сменам в настроениях и мнениях большинства, которое, как мы уже видели, не всегда может правильно судить о достоинствах и недостатках радикально новых предложений. В то же время крупных изменений на уровне систем можно добиться только путем создания политического и экономического давления.

Основной вывод из этого анализа отношения различных людей к новаторской деятельности заключается в том, что на всех этапах, кроме самого первого и самого последнего, существует внутреннее сопротивление таким радикальным переменам на уровне систем, какие представляются необходимыми для решения крупных современных проблем проектирования и планирования. В следующем разделе мы увидим, как все эти межличностные и межпрофессиональные осложнения в совокупности ограничивают имеющееся в распоряжении проектировщика "пространство маневрирования", оставляя ему гораздо меньше простора, чем это необходимо для творческой деятельности по выработке новых конструктивных решений.

3.4. Почему сложность современных задач оказалась непосильной для традиционного процесса проектирования?

Мы уже установили, что самое трудное в любом проектировании — это преодоление сложностей поиска в обширном пространстве с миллионами возможных комбинаций отдельных узлов и деталей. Мы видели также, что при использовании традиционных способов для преодоления этого необъятного многообразия задачу решают по частям. При этом большинство комбинаций узлов и деталей исключается из рассмотрения, и исследование

ограничивается единственным, выбранным "на ощупь" набором компонентов, взаимные отношения которых можно выявить и изучить с помощью чертежа. Важнейшим этапом процесса является при этом не взаимная подгонка узлов и деталей друг к другу, а творческое "озарение", благодаря которому мозг достаточно информированного и гибко мыслящего человека позволяет выдвинуть на передний план один из перспективных комплексов узлов и деталей. Такой метод дает прекрасные результаты на уровнях изделий и их частей, однако его пригодность для принятия решений на уровнях систем и общественных групп крайне сомнительна. Трудности его применения на высших уровнях можно объяснить следующими основными причинами:

1. Не имея чего-либо эквивалентного чертежу как средству фиксации и видоизменения отношений между изделиями, проектировщик системы лишен возможности сконцентрировать свое внимание на одном частном вопросе, чтобы решать задачу по частям, и не обладает средством выражения содержания мысленных образов, которое позволило бы ему нащупать промежуточное решение и тем самым резко сократить пространство поиска. Строить же процесс творческого поиска на традиционном применении чертежа изделий, рассматриваемых как неизменные элементы, значит полностью заблокировать возможности новаторства на уровне систем.

2. Поскольку при разработке систем нет чего-то эквивалентного "уму и карандашу" опытного, знающего и гибко мыслящего проектировщика, нет и возможности мгновенно определять осуществимость важнейших компонентов системы, а значит, нет и основы для интуитивного озарения, которое упрощает слишком сложную задачу настолько, что появляется возможность ее поэтапного решения путем последовательного рассмотрения входящих в нее частных проблем. К сожалению, информация, необходимая для оценки возможности осуществления новой системы, рассеяна среди множества людей и по многим публикациям, а часть этой информации можно получить только с помощью

специально поставленных научно-исследовательских работ.

3. Часть сведений, без которых нельзя обойтись при разработке новой системы, содержится в знаниях и опыте людей, непосредственно заинтересованных в том, чтобы противодействовать любым сколько-нибудь значительным изменениям существующего положения. Естественно, что такие люди не могут не высказывать предвзятого мнения о конечных достоинствах и недостатках крупных изменений.

4. При выборе упрощающих предположений, достаточно точных для детального исследования возможностей создания новой системы, приходится исходить из ценностных суждений, а при проектировании на уровне систем правильный выбор этих оценок имеет жизненно важное значение для социальной сферы. Чтобы преодолеть крупные пороки социально-технического развития, эти оценки должны соответствовать всей сумме социальных, экономических и технических данных, необходимых для детального прогнозирования возможностей реализации системы на всех четырех уровнях иерархии, в которую входят общественные группы, системы, изделия и детали изделий.

Выводы из приведенного анализа трудностей, возникающих при решении современных задач проектирования, можно вкратце сформулировать следующим образом: пространство, в котором нам приходится вести поиск новых систем, реализуемых на основе оригинальных изделий и узлов, слишком велико для упорядоченного обследования и слишком неизведанно для того, чтобы в нем могли разобраться люди, знания и опыт которых ограничиваются рамками одной из существующих специальностей в области проектирования и планирования. Несомненно, что нужны проектировщики и организаторы широкого профиля, творческое мышление которых базировалось бы на глубоких теоретических и практических знаниях об изменениях на всех уровнях — от общественных движений до конструкции деталей. Точно так же нам нужны и новые методы, которые обеспечивали бы достаточный объем информации для принятия решений на каждом из этих уровней.



"Мысль способна мечтать о том,
чего мечта не способна осмыслить".
Николас Сноуден Уайли, 1965

Witley Nicholas Snowden, I have all
the time in the world, my world, The
Green Tunnel, Signals, London, 1965.

Глава 4

Обзор новых методов¹⁾

При рассмотрении новых методов, описываемых ниже в ч. II, не всегда легко сразу увидеть, что у них общего друг с другом и как они соотносятся с традиционными методами, которые они призваны сменить. На первый взгляд кажется, что применение столь обширного множества новых приемов — от "мозговой атаки" и "синектики" до "стоимостного анализа" и "системотехники" — внутренне противоречиво и нецелесообразно. При более близком знакомстве с ними возникает мысль, что за внешним разнообразием скрыто несколько новых принципов проектирования, которые представляют большую ценность для проектировщиков, чем сами методы. Однако из еще более глубокого анализа становится ясно, что объектом новых методов является не столько проектирование в общепринятом смысле этого слова, сколько мыслительная деятельность, *предшествующая* выполнению чертежей и проектов. В этой главе мы намерены исследовать вопросы такого рода и дать пояснения, которые могут оказаться полезными как студентам, изучающим вопросы проектирования, так и практически работающим инженерам-проектировщикам.

Прежде всего возникает вопрос: что общего у всех новых методов проектирования? Самый очевидный ответ был уже дан выше: все эти методы направлены на то, чтобы заставить проектировщика "думать вслух", позволить другим людям ознакомиться с процессами мышления, которые до сих пор протекали у него в голове, *объективировать* (externalize) процесс проектирования. В одних случаях это достигается с помощью слов, в других — в форме математических символов, но почти всегда используется какая-нибудь схема, позволяющая разделить задачу проектирования на части и указать взаимные связи между этими частями. Естественно, что в основе всегда лежит стремление добиться большего контроля над процессом проектирования, особенно на уровне систем. Основное преимущество такого обдумывания проекта "в открытую" заключается в том, что другие люди, например потребители, могут следить за происходящими событиями и участвовать в них, сообщая проектировщику те сведения и оценки, которые выходят за пределы его знаний и опыта.

Рассмотрев вкратце общую цель всех предложенных доныне весьма разнообразных новых методов, мы можем теперь заняться вопросом о том, чем эти методы отличаются один от другого, и попытаться оценить их практическую пользу. Это проще всего сделать, если оценить их с трех точек зрения: насколько они способствуют творчеству, на-

¹⁾ Эта глава в несколько иной редакции под названием "Современные методы проектирования" была опубликована в книге Бродбен-та и Уорда [3], а также в "Трудах Конференции Группы методов проектирования", Бостон, 1968.

сколько они логичны и насколько они позволяют управлять процессом проектирования. Каждую из этих трех точек зрения на проектирование можно символически представить в виде некоторой кибернетической модели проектировщика. С точки зрения исследования творчества проектировщик представляет собой *черный ящик*, на выходе которого возникает загадочное творческое озарение; с точки зрения логики проектировщик — это *прозрачный ящик*, в котором происходит логический процесс, до конца поддающийся объяснению; с точки зрения управления проектировщик является *самоорганизующейся системой*, которая способна отыскивать кратчайшие пути на неведомой территории. Последняя, наименее привычная точка зрения прямой дорогой ведет нас к вопросу о практической ценности теории проектирования и о дальнейших шагах в разработке эффективных методов проектирования.

4.1. Проектировщик как «черный ящик»

Немногочисленная, но авторитетная группа теоретиков проектирования, в первую очередь Осборн [22], Гордон [23], Мэтчетт [11] и Бродбент [17, 18], считает, что самая важная часть процесса проектирования совершается в голове проектировщика, в определенной мере даже в области, неподотчетной сознанию. Отстаивая такую точку зрения, теоретики "творческого подхода" противопоставляют себя сторонникам взглядов на проектирование как на логический процесс и находят поддержку со стороны многих практиков. Несмотря на такое допущение об "алогичности" творческого процесса, взгляд на проектировщика как на "черный ящик" можно вполне убедительно выразить на языке кибернетики или физиологии; можно сказать, что проектировщик, как и все живые существа, способен получать на выходе решения, которым он доверяет и которые часто оказываются удачными, хотя сам он не может объяснить, каким обра-

зом ему удалось прийти к этим решениям. Описав загадки творчества в такой форме, мы замечаем, что это всего лишь частный случай не менее загадочного процесса, с помощью которого мы получаем *почти все* наши выходные реакции или действия, не будучи в состоянии объяснить, как это происходит. Кажущиеся простыми действия, совершаемые нами при письме или когда мы не глядя берем карандаш со стола, объяснить оказывается ничуть не проще, а, может быть, даже сложнее, чем объяснить, как сочиняется симфония. (Еще никому не удалось запрограммировать машину для выдачи выходных сигналов, которые по своей "разумности" хотя бы в отдаленной степени напоминали сигналы, управляющие движениями нашего тела, в то время как возможность автоматического сочинения музыки уже маячит на горизонте.) Большинство действий человека можно объяснить только на основе допущения, что их осуществление в значительной мере определяется тонкой работой нервной системы без вмешательства сознания. Творческий взгляд на проектирование, в соответствии с которым *проектировщик — это маг* (рис. 4.1), является поэтическим описанием того, что лежит в основе действий человека и любого живого организма, обладающего нервной системой.

Поэтому было бы *логично* считать, что управление сложными действиями осуществляется неосознанно, и *нелогично* предполагать, что проектирование можно до конца объяснить логическим путем.

Ньюмен [24], так же как и многие другие исследователи, попытался понять, каким образом в нервной системе возникает все огромное многообразие выходных реакций. Он предположил, что мозг — это переменная сеть, изменяющая свою структуру в зависимости от того, какие сигналы поступают на нее из внешнего мира. Согласно этой теории, которой трудно найти физиологическое обоснование, "озарение", о котором сообщали многие творческие личности, возникает, когда такая сеть после многих неудачных попыток находит структуру, соответствующую полученным незадолго

перед этим входным сигналам. Экспериментальное исследование памяти (Бартлетт [25]) заставляет предположить, что при каждом извлечении из памяти прошлый опыт предстает в новом варианте. Объединяя эти две гипотезы, можно прийти к выводу, что мозг — это

полуавтоматическое устройство, способное разрешать противоречия между различными сигналами (т. е. решать задачи) путем такой перестройки своей структуры, чтобы она соответствовала как текущим входным сигналам, так и многим хранящимся в памяти ранее полученным

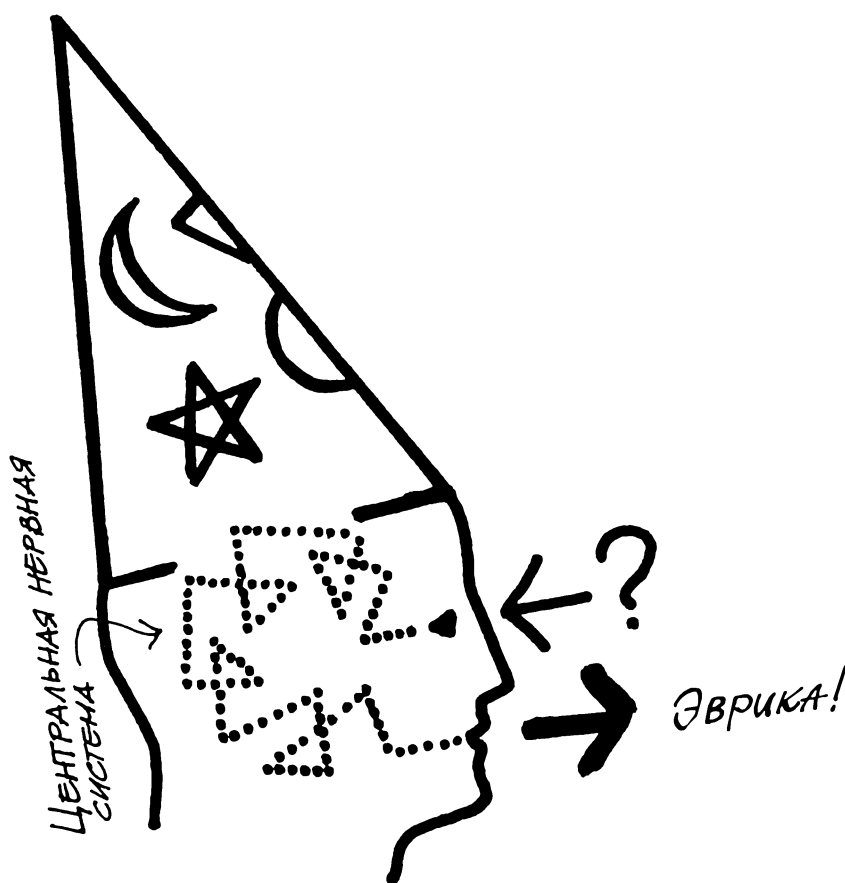


Рис. 4.1. Проектировщик как маг и волшебник.

сигналам. Если верить психологам и клиницистам, этому процессу может противодействовать или способствовать наличие неразрешенных конфликтов, сохранившихся с давних времен, возможно, еще с раннего детства. Не подлежит сомнению, что выходные сигналы мозга определяются не только текущей ситуацией, но и ситуациями, пережитыми в прошлом. Этим мы лишь витиеватым образом выражаем тот очевидный эмпирический факт, что нельзя быть хорошим проектировщиком, не имея соответствующего опыта. Но этим выражается и другой, не столь очевидный факт, а именно что любой входной сигнал может ограничить разнообразие выходных реакций, доступных данному организму, и что разрешению конфликтов, сохранившихся от прошлого опыта, отдается предпочтение перед разрешением конфликтов, связанных с текущими ситуациями: Бродбент [18] указывает на то, что *негибкость мышления* (или стремление к определенности) является главным врагом творческого мышления; он приходит к выводу, что тот, кто хочет создать проект, выходящий за рамки стереотипа, должен обладать большой терпимостью к неопределенности и внутренним противоречиям. Можно, однако, утверждать и обратное: не имея груза неразрешенных в прошлом конфликтов и навязчивых идей (а именно они считаются причиной негибкого мышления), человек, по-видимому, становится менее активным, теряет способность разрешать противоречия между текущими входными сигналами и выдает не более чем компромиссные решения¹⁾. Быть может, для того чтобы иметь возможность и желание разрешить тот или иной конфликт в конкретной задаче проектирования, нужно не столько обладать творческими способностями, сколько иметь соответствующий данному случаю опыт и соответствующую подвижность нервной системы. Пока нет надежных данных о ра-

боте мозга, рассуждать на эту тему можно до бесконечности; поэтому оставим теперь загадки мышления в покое и рассмотрим некоторые методы проектирования, разработанные с целью стимулирования "творчества".

Мозговая атака

Как мы увидим ниже (разд. 10.1), сеанс "мозговой атаки" — это беседа, каждый участник которой свободно выдвигает предложения, а критика запрещена. Можно считать, что этот метод снимает социальные запреты, налагаемые каждым человеком на свои высказывания в обычном разговоре: это сознательный возврат к нелогичной и "эгоцентричной" детской болтовне, которая изучалась Пиаже [26] и другими исследователями. Если считать человека "черным ящиком", разумно предположить, что устранение фильтров на выходе по меньшей мере увеличит количество выходных сигналов, если не повысит их качество. Как указывается в выводах, сделанных в разд. 10.1, практическая ценность мозговой атаки заключается именно в том, что на ранних этапах проектирования, когда структура задачи еще не ясна и не подверглась трансформации, резко повышается скорость генерирования данных, имеющих отношение к этой задаче. Результаты мозговой атаки целесообразно ввести в "черный ящик" одного человека, поручив ему классифицировать все высказанные случайные идеи, сведя их в согласованную структуру (см. разд. 11.8).

Синектика

В рамках той же концепции "черного ящика" можно рассматривать метод, изложенный в разд. 10.2, как передачу выходного сигнала "черного ящика" по цепи обратной связи снова на его вход, причем для преобразования выходного сигнала во входной используются тщательно отобранные типы аналогий.

Можно предположить, что применение аналогий, в котором участвуют все члены синектической группы, позволяет им в

¹⁾ Данное предположение автора весьма произвольно, оно основано на психологической теории З. Фрейда, последовательно опровергнутой советскими и зарубежными психологами. См., например, Уэллс Г. Крах психоанализа. — М.: Прогресс, 1968. — *Прим. ред.*

определенной мере разделять друг с другом свою способность преобразовывать противоречивую структуру входных сигналов до тех пор, пока не будет найдена структура, позволяющая разрешить конфликт. Тот факт, что в этом методе основной упор делается на биологические и анатомические аналогии, наводит на мысль, что здесь преследуется цель использовать те отделы нервной системы, которые управляют движениями тела и обычно не контролируются сознанием. О'Догерти [27] утверждает, что манипулирование образами движений тела составляет основу тех профессиональных навыков, которые связаны с выполнением быстрых движений, и что одаренные люди способны использовать эту систему образов в качестве общего языка для всех видов творческой деятельности. Ес-

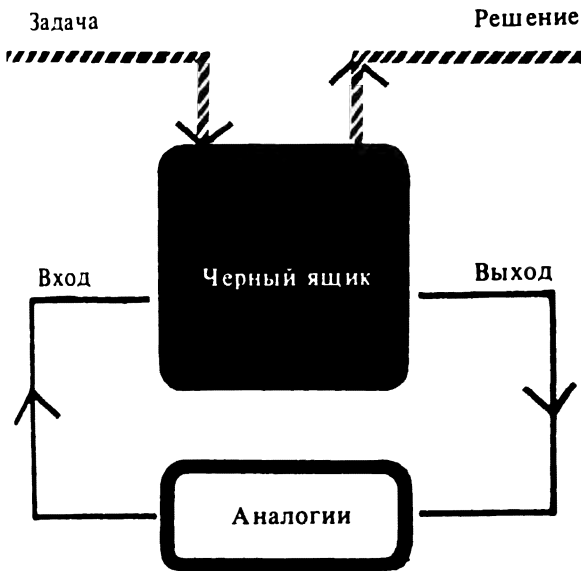


Рис. 4.2

ли это утверждение верно, то перспективы объективирования мышления при проектировании, по-видимому, будут зависеть от того, удастся ли найти групповой язык, на котором можно было бы быстро отображать и изменять общие формы, а не только детали как задач, так и их решений (предполагается, что в нервной системе отдельного человека аналогичную роль выполняют образы движений тела). Мэтчетту (разд. 8.2), по-видимому, удалось указать образы, позволяющие привести мысли проектировщика в соответствие со структурой конкретной задачи проектирования.

В отношении методов проектирования, основанных на представлении о проектировщике как "черном ящике", можно сделать следующие основные выводы:

1. Выходные действия проектировщика определяются входными сигналами, исходящими от подлежащей решению задачи, а также другими входными воздействиями, связанными с предыдущими задачами и прошлым опытом.

2. Согласившись временно ослабить социальные запреты, можно ускорить образование выходных сигналов, но при этом они приобретают более случайный характер.

3. Чтобы проектировщик мог выдать выходные сигналы в соответствии с поставленной задачей, ему нужно дать время на осознание и преобразование (в уме) образов, изображающих структуру задачи в целом. В течение длительных и внешне бесплодных поисков решения он может неожиданно найти новый способ структурирования задачи, позволяющий разрешить конфликты. Это приятное событие, которое иногда называют творческим озарением, дает возможность преобразовать сложную задачу в простую.

4. Контроль интеллекта над формами ввода структуры задачи в "черный ящик" проектировщика, по-видимому, повышает вероятность получения выходных реакций, содержащих решение задачи.

4.2. Проектировщик как «прозрачный ящик»

В большинстве своем методы проектирования преследуют цель объективирования процесса и результатов мышления, поэтому они исходят из логических, а не каких-либо мистических предположений. Считается, что процесс проектирования может быть объяснен до конца, даже если проектировщики-практики и не в состоянии убедительно обосновать каждое из принимаемых ими решений. Авторы большинства описываемых ниже *систем* методов проектирования, по-види-

тому, исходят из того, что проектировщик всегда вполне осознает свои действия и их причины (рис. 4.3).

Логическое, или систематическое, поведение проектировщика напоминает работу вычислительной машины: он пользуется только той информацией, которая в него введена, и действует по заданной схеме, проводя анализ, синтез, оценку и повторение циклов до тех пор, пока не найдет наилучшее из всех возможных решений. Такое предположение, несомненно, справедливо в случае оптимизации переменных в хорошо известной ситуации проектирования, но оно лежит также в основе таких системных методов проектирования, как морфология и системотехника, которые призва-

4) заранее фиксируется стратегия; обычно используются последовательные приемы, но иногда включаются и параллельные, условные и циклические операции.

Применение к проектировщику этих на первый взгляд сковывающих ограничений нельзя считать заведомо оправданным или неоправданным. При решении некоторых задач проектирования методы "прозрачного ящика" оказываются более эффективными, чем методы "черного ящика", но в других случаях они приводят к путанице, так что проектировщикам приходится прибегать к привычному для них поведению "черного ящика".

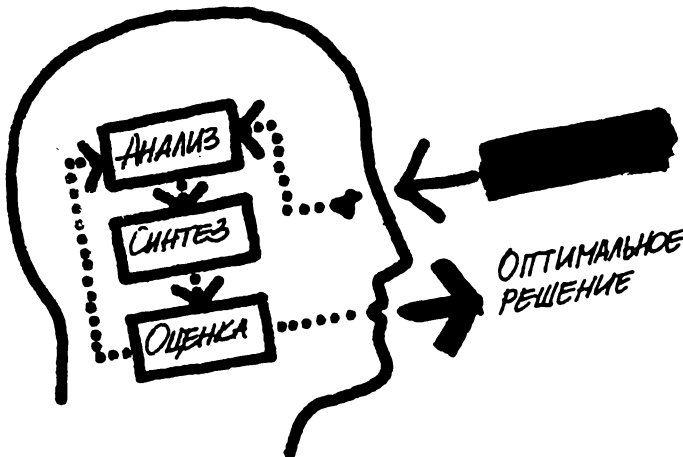


Рис. 4.3. Проектировщик как вычислительная машина.

ны дать человеку возможность решать непривычные для него задачи проектирования "машинными" приемами. Методы, в которых проектировщик рассматривается как "прозрачный ящик", характеризуются следующими общими чертами:

- 1) цели, переменные и критерии задаются заранее;
- 2) поиску решения предшествует проведение (или хотя бы попытка проведения) анализа;
- 3) оценка результатов дается в основном в словесной форме и построена на логике (а не на эксперименте);

Расчленимые задачи проектирования

При применении методов "прозрачного ящика" коренным вопросом является возможность расчленения, или декомпозиции, задачи на отдельные части, которые можно затем решать последовательно или параллельно. Когда задача *поддается* расчленению, решению каждой частной подзадачи можно уделить больше внимания, что позволяет резко сократить сроки проектирования. Конечно, крупные задачи проектирования всегда на том или ином этапе удастся расчленить, чтобы распределить работу между многими проектировщиками, но этап, на котором

это членение становится возможным, очень сильно зависит от типа изделия. При разработке химического оборудования, сетей электропередач, телефонных систем и подобных им объектов задача с самого начала поддается декомпозиции на ряд частных вопросов, решать которые можно параллельно. Это связано с тем, что такие объекты представляют собой *поточные системы*, т.е. сложные агрегаты, в которых каждая функция выполняется отдельным узлом, а каждый узел связан с другими узлами лишь заранее заданными входными и выходными воздействиями [28]. Функции однозначно связаны с отдельными физически различимыми узлами. Все входные и выходные воздействия в системе можно задать с самого начала, а затем при разработке узлов считать, что если узел имеет требуемые входные и выходные характеристики, его можно включить в систему. Небольшие отступления от заданных входных и выходных характеристик и компромиссные решения в отношении выбора узлов не вызывают резкого нарушения заданной последовательности в работе. Чтобы процесс проектирования оставался управляемым при решении задач такого рода, желательно пользоваться простыми методами типа "прозрачного ящика"; многие же более сложные из рассмотренных ниже методов проектирования, повидимому, также могут быть с успехом применены в тех случаях, когда принципиальные решения не зависят от конкретного физического исполнения отдельных узлов.

Нерасчленимые задачи проектирования

Многие задачи проектирования, как крупные, так и мелкие, вообще не поддаются или лишь с трудом поддаются такого рода расчленению без ущерба для рабочих характеристик, стоимости, массы, внешнего вида или других показателей, что требует компромиссных решений для сбалансирования различных деталей друг с другом. Такие ситуации возникают при проектировании зданий, автомобилей, станков и других объектов, в которых функции не связаны со специализирован-

ными узлами, а сложным и непредсказуемым образом распределены по всему изделию. (Попытка расчленения задачи строительного проектирования описана в разд. 7.7.) Обычно в таких случаях на какого-то опытного работника — руководителя проекта — возлагается полная ответственность за все существенные решения, будь то общая схема изделия или тонкие, но важные особенности конструкции деталей. Хорошим примером может служить архитектор, который несет ответственность как за общую планировку здания, так и за детали оформления окон, играющие существенную роль в реализации задуманного им внешнего вида здания. Другим примером может служить главный конструктор, который отвечает не только за эксплуатационные характеристики новой машины, но и за выбор важнейших входящих в нее деталей. Во всех таких случаях руководитель проекта на основе имеющегося у него опыта решения аналогичных задач сначала решает основные частные задачи, а затем определяет общую схему изделия и распределяет остальную работу между своими помощниками [29]. Ясно, что здесь используются методы "черного ящика".

При решении часто повторяющихся задач, таких, как проектирование дорог, перекрытий, турбин, электрических цепей, электродвигателей и т.д., иногда удается всецело объективировать опыт разработчиков и полностью автоматизировать процесс проектирования. Это метод "прозрачного ящика" в чистом виде. Однако чаще всего, и особенно в тех случаях, когда достаточно высок риск совершения дорогостоящей ошибки в проектировании, это оказывается невозможным ввиду отсутствия необходимого опыта: его приходится искусственно создавать путем проведения испытаний и исследований в рамках процесса проектирования. Здесь ни методы "прозрачного ящика", ни методы "черного ящика" уже недостаточны, а нужны, по-видимому, новые методы и средства проектирования, которые сочетали бы в себе лучшие черты обоих подходов.

Цикличность

Ясно, что основной целью методологии проектирования является уменьшение

цикличности и увеличение линейности проектирования. Наличие цикличности предполагает, что важнейшие частные задачи остаются незамеченными до поздних этапов работы, а когда они обнаруживаются, требуется пересмотр решений, положенных в основу проекта, или даже полное прекращение работы. Линейность же предполагает, что все важнейшие проблемы можно обнаружить с самого начала, а риск того, что на более поздних этапах большие затраты труда разработчиков придется списывать в убытки почти или совсем исчезает. Полной линеаризации всякой разработки мешает непредсказуемость зависимостей между отдельными частями задачи. Как показал Лакмен (см. разд. 11.3), схема зависимостей между подпроблемами одной задачи носит непостоянный характер и находится в зависимости от выбора частных решений каждой подпроблемы. В таких случаях структура задачи остается неустойчивой до тех пор, пока не будут приняты принципиальные решения по проекту. Поэтому беспочвенны попытки специалистов по теории решений находить решение задач проектирования путем однократного прохода по такой линейной последовательности:

- 1) выявление всех существенных переменных;
- 2) определение зависимостей между ними;
- 3) обеспечение оптимальных значений выходных параметров.

Уже сам процесс выявления переменных (куда входит определение целей и критериев для отбора хороших проектов), очевидно, представляет собой один из труднейших вопросов проектирования. Его трудность связана с тем, что цель проектирования — внедрить в существующий мир новые формы, которые тем или иным способом служили бы его совершенствованию. Однако суждение о том, в чем заключается совершенствование, на первых порах не может не быть произвольным и субъективным. Только после того, как исследованы возможности осуществления многих альтернативных изменений, можно с четкостью, достаточной для расчетов по методам "прозрачного ящика", определить цели, критерии и структуру задачи. Сейчас применение

этих детерминистских методов ограничено такими задачами, которые сводятся к внесению в конструкцию мелких изменений, в то время как структура задачи остается практически неизменной по сравнению с предшествующей конструкцией. Конечно, к этому типу на практике относится значительная часть проектных работ, но в него не входят поисковые работы и создание конструкций на основе новых принципов. Важнейшим достоинством методов "прозрачного ящика" является то, что они позволяют автоматизировать, а следовательно, и ускорить детальные и многократно повторяющиеся операции проектирования. Если же их использовать для создания действительно новых конструкций, исчезает гибкость, необходимая для исследования неопределенной задачи и циклических петель.

Линейность

Можно ли рассчитывать, что не только типовые, но и поисковые задачи удастся решать линейными способами? Перспективными в этом отношении представляются следующие два направления.

1. Первое направление заключается в том, чтобы превратить разрабатываемое изделие в конструкцию поточного (или сборного) типа, т.е. сначала спроектировать взаимозаменяемые нормализованные узлы для каждой существенной функции. При этом все зависимости и расхождения между общей схемой изделия и конструкцией отдельных узлов сводятся к небольшому числу точно предсказуемых и неизменных правил соединения одного нормализованного узла с другим. В результате появляется возможность, используя методы "прозрачного ящика", создать большое количество новых изделий, не задумываясь над конструкцией самих узлов. Куда же в таком случае делась пресловутая цикличность? Она не исчезла. Она появляется на более высоком уровне при разработке нормализованных узлов и правил их соединения. Эта нерасчленимая операция намного сложнее, чем разработка отдельных изделий, и в настоящее время в ее осуществлении, по-видимому, основную роль играет чудо "черного ящика" особо одаренных проектировщиков, в

которых счастливо сочетаются надлежащий опыт, особенности нервной системы, заинтересованность, упорство, везение и способность апеллировать к глубинным слоям сознания. Поскольку для того, чтобы обеспечить приемлемый уровень нормализации, такой процесс мышления должен давать на выходе в высшей степени упорядоченные и системно организованные результаты, то нужно думать, что в основе этого метапроцесса проектирования лежат системные методы "прозрачного ящика". Разработка нормализованных узлов и правил их сборки, по-видимому, имеет нечто общее с предельно упорядоченным процессом, в результате которого осуществляется химический синтез нового материала. Пока же, однако, разработка нормализованных узлов остается загадкой "черного ящика".

2. Второе направление в обеспечении линейности проявляется в адаптивных стратегиях (см. методы, изложенные в разд. 7.5 – 7.7). Общим для этих методов является то, что разработка по методу "прозрачного ящика" предваряется или сопровождается проведением исследований на более высоком уровне общности. Задача этих исследований заключается в том, чтобы научными способами, а не путем "размышлений в кресле" расширить и предсказать "пространство маневрирования" проектировщика при решении наиболее важных подпроблем. Примером исследований подобного рода может служить испытание различных вариантов наборного телефонного кода до того, как приступить к конструированию автоматической телефонной станции. Исследование в этом случае можно рассматривать как *этап прогнозирования*, в котором методами "прозрачного ящика" определяется диапазон возможных выходов на каждом этапе до того, как этот этап осуществлен (рис. 4.4).

Само собой разумеется, что, если в принятой последовательности этапов, выполняемых методами "прозрачного ящика", обнаружится несоответствие между выходом какого-нибудь этапа и входом следующего этапа, неизбежно придется прибегнуть к цикличности и обратному прослеживанию зависимостей.

Смысл исследований заключается в том, чтобы заранее определить границы диапазона, в который будет попадать промежуточный выход, чтобы запланированная стратегия учитывала все случайности.

Ясно, что при обеспечении линейности вторым способом разработка ведется в обратном порядке по сравнению с обычным, т.е. *от внутреннего к внешнему*, а не *от внешнего к внутреннему*, как при обычной разработке, которая идет от описания основных характеристик изделия к детализовке его конструкции. Это позволяет обойти невыполнимое требование теоретиков проектирования, согласно которому прежде чем рассматривать детали следует определить цели и критерии. Введение дополнительного этапа прогнозирования дает возможность начать решение с наиболее достоверно и детально определенного конца задачи вместо того, чтобы, как обычно, ограничивать поле поиска мелкими изменениями, не выходящими за пределы одного конструктивного решения. За это преимущество, однако, приходится весьма недешево платить. Поскольку исследования дают ответы на более широкий круг вопросов, чем требуется для решения данной задачи проектирования, и являются дополнением к последовательности строго необходимых операций проектирования, их можно отнести к статье сверхнормативных затрат. Однако затраты материальных средств и рабочего времени конструкторов в связи с проведением исследовательских работ компенсируются отчасти тем, что при этом ошибки исправляются с небольшими затратами на ранних стадиях, тогда как на более поздних стадиях их исправление было бы связано с большим материальным ущербом; частично они компенсируются также экономией времени, которое было бы затрачено на обратное прослеживание причинно-следственных связей; наконец, они отчасти компенсируются теми знаниями и навыками, которые при этом приобретаются и могут быть использованы не только при работе над данным проектом, но в значительной мере и при создании аналогичных конструкций в будущем. Когда при выполнении какого-то проекта недорогой ценой получают опережающую информацию, которую можно

использовать в дальнейших разработках, это можно считать объективированным эквивалентом перенесения проектировщиком (рассматриваемым как "черный ящик") приобретенного опыта с одной задачи на другую. Исследовательская работа отличается от личного опыта более высокой точностью и меньшей зависимостью от общей формы прошлых конструкций.

Крупным недостатком литературы о системных и "творческих" методах проектирования в конце 50-х и начале 60-х годов было то, что в ней не описывались такого рода исследования. Поэтому в ч. II этой книги включены методы исследования проектных ситуаций (гл. 9) и методы оценки (гл. 12). Без этих практически важных аспектов изучения потребителей и применения принципов

прикладных наук изучение методики проектирования так и не выйдет за пределы бесплодного мира "мыслей о мыслях". Только связав размышления о проектировании с *измерением* того, что должно являться целью этих размышлений, можно уберечь методологию проектирования от крайностей психологического мистицизма и логического детерминизма.

4.3. Проектировщик как самоорганизующаяся система

Методы "черного ящика" и "прозрачного ящика" позволяют расширить область поиска при решении задач проектирования. В методах "черного ящика" это достигается путем снятия ограничений, накладываемых на выходные реакции нервной системы проектировщика, или путем стимулирования ее к выработке более разнообразных выходных реакций. В методах "прозрачного ящика" выходная реакция нервной системы обобщается на языке внешних символов с таким расчетом, чтобы она включала альтернативы, одной из которых является замысел проектировщика. Основным недостатком в обоих этих случаях является то, что проектировщик вырабатывает множество неизученных альтернатив, слишком большое для того, чтобы его можно было исследовать медленным способом сознательного осмысливания. Он не может сделать выбор интуитивно, по принципу "черного ящика", так как при этом вновь вступят ограничения, налагаемые опытом прошлого, а он как раз стремится этого избежать; в то же время он лишен возможности ускорить и автоматизировать поиск с помощью вычислительной техники, так как для составления программы для ЭВМ необходимо заранее знать цели и критерии отбора, а они сами зависят от имеющихся вариантов. Столкнувшись с такой дилеммой, проектировщик вынужден либо а) отказаться от использования новых методов, либо б) произвольно (по принципу "черного ящика") выбирать цели для поиска на ЭВМ, либо же в) корпеть над невыполнимой зада-

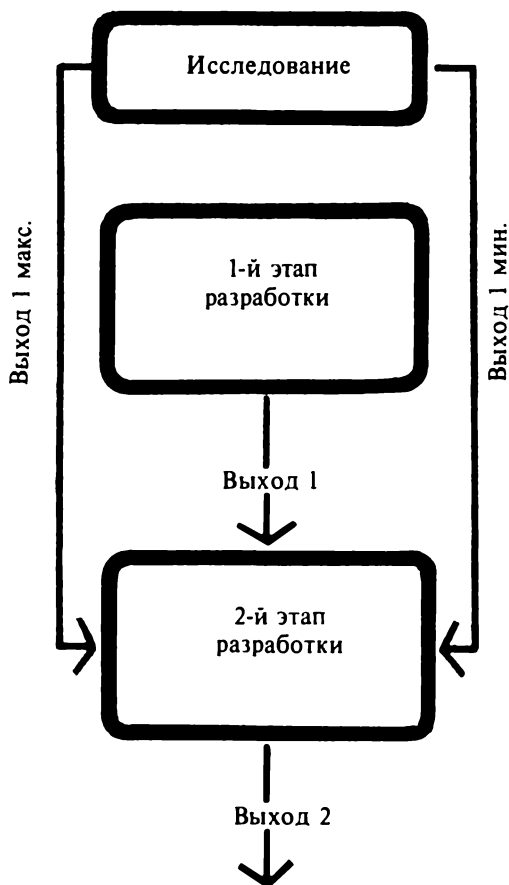


Рис. 4.4. Этап прогнозирования, или исследовательская деятельность для предсказания пределов промежуточных выходов, в линейной последовательности действий по разработке проекта.

чей всестороннего оценивания каждого отдельного варианта.

Выходом из дилеммы, связанной с обилием нового материала и необходимостью сразу оценить его в целом, может явиться разделение работы проектировщика на две части:

- 1) *осуществление поиска* подходящей конструкции;
- 2) *контроль и оценка* схемы поиска (управление стратегией).

Это дает возможность вместо слепого перебора вариантов применить осознанный поиск и найти короткие пути через незнакомую территорию, используя как внешние критерии, так и результаты частично-

ется *метаязык* из терминов, достаточно широких по значению, чтобы с их помощью можно было описать зависимости между стратегией и проектной ситуацией, и, во-вторых, посредством этого метаязыка проводится оценка модели, которая позволяет предсказывать вероятные результаты альтернативных стратегий, с тем чтобы можно было выбрать наиболее перспективную из них.

Хорошим примером такого метаязыка может служить язык, описанный в разд. 8.2. В этом случае единый язык, на котором возможно описание внешних целей и предполагаемых стратегий, включает дерево целей первого, второго и третьего порядков вместе с универсальными контрольными перечнями, описы-

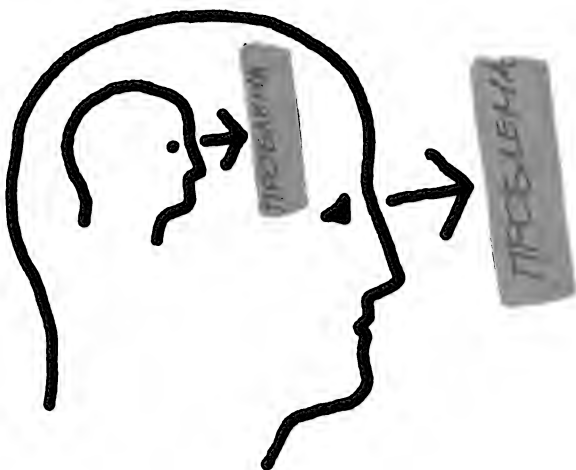


Рис. 4.5. Проектировщик как самоорганизующаяся система.

го поиска. Этот метод применим в том случае, если функция управления стратегией обеспечивает создание правильной модели как стратегии поиска, так и внешней ситуации, которой должна удовлетворять создаваемая конструкция (рис. 4.5).

Эта модель "осознания себя + ситуации" (или "стратегии + цели") имеет своей целью предоставить каждому члену бригады проектировщиков возможность самому определить, насколько избранная методика поиска способна привести к приемлемому равновесию между новой конструкцией, ситуацией, на которую она окажет влияние, и стоимостью ее разработки. Для этого, во-первых, созда-

вающими различные фазы жизненного цикла инженерной разработки. Моделью для предсказания воздействия того или иного предложения конструктора на достижение целей вначале служит оценка предложений преподавателем, а затем, когда учащийся овладел методом, т.е. когда он научился предвидеть, к каким последствиям во внешнем мире приведут его предложения, он начинает пользоваться собственными оценками и соответственно изменять свою стратегию.

Менее индивидуальный пример самоконтроля при проектировании дает метод сетевого планирования и управления (метод "критического пути", который изображен на фронтиспise к гл. 6). Сеть

представляет собой графический язык, позволяющий описать внешнюю цель (сроки проектирования) и возможные пути ее достижения. Манипулируя этим описанием, можно определить минимальные сроки проектирования, достижимые при данных исходных допущениях. Слабым местом этого метода является то, что модель трудно изменять сообразно с информацией, появляющейся в процессе проектирования, а следовательно, этот метод не удовлетворяет одному из основных требований, предъявляемых к методам управления стратегией [30]: он не обеспечивает возможности частых и радикальных изменений стратегии в случаях, когда обнаруживаются грубые ошибки в предсказаниях по модели. Ясно, что в более гибком методе средства изменения стратегии должны соотноситься с вероятностью того, что такое изменение потребуется. Отсутствие гибкости у метода сетевого планирования заставляет применять его для решения типовых, а не поисковых задач проектирования. В знакомых же проектных ситуациях его гибкость часто достаточна.

От метода управления стратегией в первую очередь требуется, чтобы он позволял связать результаты каждой части поиска с конечными целями, даже если, как чаще всего и бывает, эти цели еще не определились. Чтобы такая оценка частностей стала возможной, нужно показать, насколько исход каждой частной ступени в стратегии проектирования соответствует (или не соответствует) желаемым результатам стратегии в целом. Для этого, например, можно оценить убытки от неверного предсказания результатов данной ступени и сравнить величину этих убытков с величиной затрат на выполнение работ по этой ступени. Сущность этого приема воплощена в лозунге: "Цена незнания должна быть больше цены приобретения знания!" Чтобы определить цену незнания, необходима модель, позволяющая хотя бы приближенно судить о том, как недостижение промежуточных целей повлияет на достижение конечных целей. Часто суждение по методу "черного ящика" позволяет сделать это. Можно логически показать, что организм, который способен на такое предсказание, должен быть способен также создать модель самого себя, хотя он и не

сможет описать, каким образом была построена эта модель (Фогель и др. [31]).

Теперь ясно, что основная слабость любого метода проектирования, в том числе и описанных здесь новых методов, заключается в трудности управления стратегией при решении нетривиальных задач проектирования, а также в тех случаях, когда над одним проектом работает много людей. Поэтому очевидно, что на следующем этапе предстоит создать надежные методы разработки стратегий для бригад проектировщиков и управления этими стратегиями.

4.4. Критерии управления проектными работами

Приведенный ниже список критериев взят из длинного перечня целей проектирования и совершаемых при проектировании ошибок, упоминаемых различными теоретиками проектирования, работы которых рассматриваются в ч. II. Сокращение этого перечня до пяти критериев, указываемых ниже, в значительной мере основано на субъективных оценках автора, с которыми многие могут не согласиться. Однако эта книга задумана как практическое пособие, а не как научный труд, поэтому автору казалось, что лучше вовсе опустить доказательства, чем обременять читателя скучным перечислением всех работ, из которых были заимствованы эти критерии.

1. Выявление и пересмотр важнейших решений

Каждое решение, которое может принести значительные убытки, должно быть выявлено как можно раньше. Такие решения на начальных стадиях следует принимать лишь условно и предусматривать возможности их пересмотра в случае, если в дальнейшем обнаружится, что они вступают в противоречие с надежно установленными фактами или с обоснованными суждениями специалистов. К числу важнейших решений относятся исходные допущения, цели, выбор моделей, выбор стратегии и метод изменения стратегии..

2. Соотношение затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы с убытками от принятия неверного решения

Как уже говорилось, убытки от незнания должны превышать затраты на дорогостоящие усилия проектировщика при поиске ответа на тот или иной вопрос. При оценке предложения о проведении какой-либо работы нужно прежде всего выяснить, на какие вопросы она даст ответ.

3. Распределение заданий в соответствии с возможностями исполнителей

Каждому члену бригады проектировщиков нужно поручать такие задания, с которыми он способен справиться, в которых он разбирается и в выполнении которых заинтересован. Это требование гораздо труднее выполнить в бригадах, состоящих из представителей разных специальностей и работающих над новаторским проектом, чем в группах традиционных проектировщиков одинаковой специализации, занятых решением задачи знакомого типа.

4. Отыскание полезных источников информации

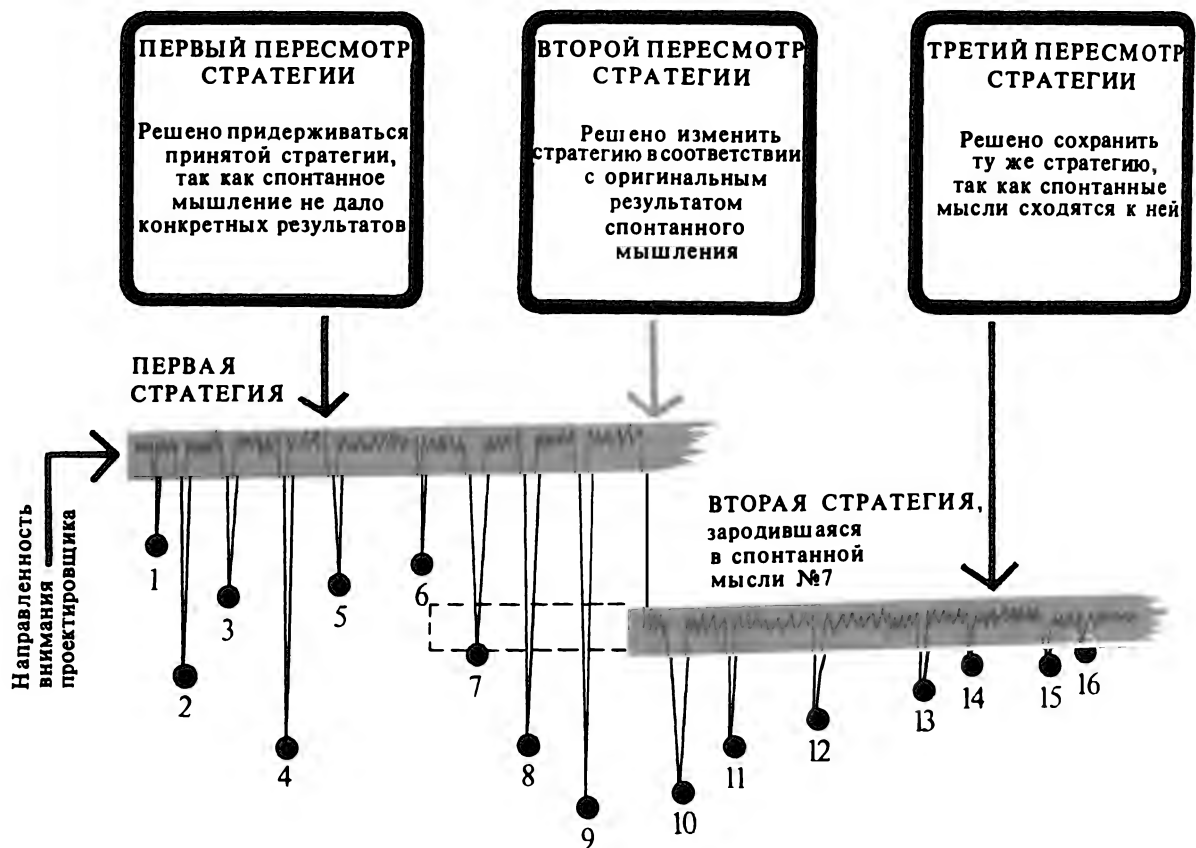
Информацию следует искать во всех основных источниках стабильности и нестабильности, с которыми приходится считаться при проектировании (многие

из таких источников перечислены в гл. 1 и 3). Прежде чем обратиться к важной или дорогостоящей информации из различных источников, следует получить сведения о надежности этих источников. Нельзя ожидать, что консультанты будут давать нужные рекомендации, если они не знакомы с взаимодействиями и конфликтами, характерными для данного проекта.

5. Исследование взаимосвязей между изделием и средой

Прежде чем выбрать или изменить стратегию проектирования, нужно оценить чувствительность конструкции к изменениям среды и соответственно среды к изменениям конструкции. Только после этого можно наметить главные решения, установить цели и уточнить структуру задачи.

Эти пять критериев управления стратегией сами собой подразумеваются, когда проектировщики одной специальности совместно работают над типовой задачей. Однако из опубликованных описаний методологии проектирования напрашивается вывод, что эти пять критериев редко выдерживаются в тех случаях, когда для решения новых типов задач проектирования либо создаются бригады из специалистов разного профиля, не обладающих опытом проектирования, либо привлекаются опытные проектировщики, которые в ходе работы над задачей вынуждены выходить за пределы своей компетенции.



● Спонтанные мысли, не связанные непосредственно с принятой стратегией

"Помню, как один священник объяснил мне сущность зигзагообразной арки: "Нечистая сила подобна посорогу. Она всегда несется по прямой. Мы строим мост по ломаной линии, и нечистая сила не может по нему пройти: она срывается с края и тонет в стремнине посередине реки".

Л. Ван дер Пост, 1968

Post L. van der. A portrait of Japan. Hogart, London, 1968; Morrow and Co., New York, 1968.

Глава 5

Расчлененный процесс проектирования

Описываемые здесь новые методы можно рассматривать как ступени на пути к гораздо более широкому процессу проектирования, который необходим для непрерывного развития искусственной среды. В этой главе сделана попытка набросать достаточно широкую — и в то же время достаточно свободную — картину этого расширенного процесса проектирования, включив в нее многие из описываемых в ч. II новых методов и показав их связь друг с другом, а также с тем, что было, и с тем, что, по-видимому, идет на смену. Основной вывод этой главы заключается в том, что наблюдаемая ныне картина есть обескураживающий результат распада традиционного метода проектирования на куски. Задача теперь состоит в воссоединении этих кусков в новый связный процесс, который был бы эффективным на любом уровне общности и детализации. Приведенная ниже картина наблюдаемой в настоящее время фрагментации мыслительного процесса в голове проектировщика дает представление о том, что требуется для завершения этой трансформации.

Как уже отмечалось в начале гл. 1, все разработчики новых методов сходятся на том, что масштабный чертеж уже не может служить основным инструментом проектирования. Это, как мы видели в гл. 3, объясняется тем, что новаторская деятельность на уровне систем предполагает свободу радикальных изменений не только компонентов, из которых состоит изделие, но

и видов изделий, из которых складывается новая система, и организации социальной сферы, которой призвана служить новая система. Вторым пунктом, по которому между специалистами по методологии проектирования также существует единство мнений, заключается в том, что те формы мыслительной деятельности, которые проектировщики привыкли считать своей прерогативой, теперь должны быть объективированы, с тем чтобы большое число людей (включая потребителей), чьи знания имеют отношение к проектированию на уровне систем, могли предложить свои идеи на ранних стадиях разработки и участвовать в принятии принципиальных решений. Объективирование мышления проектировщика в не меньшей степени нужно и для автоматизации процесса проектирования, т.е. для ускорения с помощью цифровых ЭВМ тех этапов процесса проектирования, для которых решение мыслительных задач производится настолько осознанно, что этот процесс можно представить в виде машинной программы.

Пожалуй, самой характерной отличительной чертой книг и статей о методах проектирования является обилие всевозможных блок-схем, матриц и графов, которые в большей или меньшей степени напоминают схемы и расчеты, используемые при составлении программ для ЭВМ. Такое графическое отображение связей можно рассматривать как попытку найти что-то более субстанциональное, чем мысль, но менее детали-

зованное, чем масштабный чертеж, для отображения сложностей проектирования на уровне систем; оно свидетельствует о поиске средств, которые обеспечивали бы проектировщикам систем достаточно просторное "поле представлений".

Эта ключевая идея построения сетей в одно и то же время полезна и вредна. Она полезна, когда входящие в нее элементы и отношения можно соотнести с физическими сущностями, которые могут быть измерены или реализованы (см. разд. 11.1 и 11.2). Однако при этом легко забывают о реальных отношениях сети к объективному миру (существующему или возможному) и часто впадают в заблуждение, будто все, что представлено в виде сети, может быть осуществлено на практике. Самое трудное, о чем все время напоминает в ч. II, это отличить реалистичную сеть от нереалистичной и решить, какие переменные или категории должны быть включены в нее. Пока это еще представляет собой умение, которое приобретается на практике, но которому трудно или невозможно научить.

В целом процесс проектирования на уровне систем можно сравнить с поиском клада. Новая задача подобна неизведанной территории, протяженность которой неизвестна. Кладовщик исследует ее с помощью сети маршрутов. Эта сеть не существует до поиска, кладовщик должен "изобрести" ее либо до того, как отправиться в путь, либо в ходе самого поиска. Методы проектирования подобны приборам для ориентировки и топографическим схемам, которые он использует для фиксирования своего маршрута, чтобы сохранять какой-то контроль за своим продвижением. Если он только не совершеннейший неудачник и тупица, он отыщет клад задолго до того, как обследует каждую пядь территории. Его основная цель при фиксировании маршрута заключается в том, чтобы возможно полнее использовать каждый намек, каждый источник частичных сведений, который ему удастся найти, с тем чтобы добраться до клада, не потратив всю жизнь на его отыскание. Проектирование, как и прокладка маршрута, было бы "прямолинейным" процессом, если бы нам с самого

начала не приходилось иметь дело с неполными и ненадежными данными. Наша аналогия, однако, перестает быть верной, как только мы переходим к рассмотрению природы обследуемого пространства. Область, в которой действует проектировщик, в отличие от местности, по которой движется кладовщик, неопределенна и существует лишь в воображении; она меняет свою форму в зависимости от тех допущений, которые вынужден делать проектировщик, а также в зависимости от того, насколько другие участники процесса проявляют готовность осуществить выдвигаемые им планы.

Прочитав обзор новых методов в гл. 4, читатель вправе задать вопрос: а есть ли какая-нибудь связь между интуитивными методами "черного ящика", с одной стороны, и логическими методами "прозрачного ящика" — с другой? В связи с этим возникает также вопрос, следует ли множество методов, описанных в ч. II, считать альтернативными способами проектирования или отдельными элементами, которые можно объединить в единой стратегии проектирования. На оба эти вопроса можно дать простой ответ: ни один из предложенных до сих пор методов проектирования не является столь законченным, каким он кажется на первый взгляд, и при решении любой задачи проектирования необходимо определенное сочетание логики и интуиции. Пути такого сочетания интуитивного с рациональным не установлены; пожалуй, их и невозможно установить в общем виде, в отрыве от конкретной задачи и конкретного человека (см. разд. 8.1), так как они зависят от того, какое количество объективной информации имеется в распоряжении проектировщика, а также от его квалификации и опыта. Некоторые мысли, которые могут оказаться полезными при поиске способов объединения отдельных методов проектирования в единую стратегию, можно найти в разд. 4.3 и 4.4. Ряд других рекомендаций содержится в гл. 6, где разбирается вопрос о выборе стратегии проектирования. Некоторые типы готовых стратегий описаны в гл. 7.

Теперь, когда мы установили, что бригада проектировщиков должна сама разработать свою стратегию, используя при

этом старые и новые методы в тех сочетаниях, которые кажутся уместными в данной конкретной ситуации, остается выяснить, как это осуществляется. Существует ли какая-нибудь общая теория или свод правил, которые помогли бы в отборе и объединении методов проектирования? Ответ здесь простой: нет, не существует. Пока что мы слишком мало знаем о поведении проектировщиков и о решении задач проектирования, чтобы пытаться дать рекомендации, которые можно было бы проверить путем наблюдений и экспериментов. Пока мы можем заниматься лишь классификацией и общими рассуждениями в надежде, что это позволит нам потом лучше понять, почему так трудно разработать и объяснить эффективную стратегию проектирования, в которой сочетались бы логические и интуитивные методы.

Следует отметить, что не все разделяют высказанное мнение о невозможности в наше время рационально объяснить процесс проектирования. Арчер [32] в своей диссертации о структуре процесса проектирования дает единую логическую картину, которая поддается объяснению во всех ее точках, коль скоро ее главные герои изложили всю сумму микросуждений, на которых основывается процесс. Как об этом свидетельствует излагаемый ниже гораздо более широкий взгляд на проектирование, есть основания усомниться в осуществимости предложения Арчера, чтобы использование интуиции ограничивалось лишь самой начальной стадией работ, учитывая всю неопределенность, которая предшествует новаторской деятельности и сопровождает ее. В то же время существует множество четко определенных задач проектирования, при решении которых можно с успехом применить логическую методику Арчера.

5.1. Проектирование как трехступенчатый процесс

Одно из простейших и наиболее распространенных наблюдений относительно проектирования, на котором сходятся многие авторы, состоит в том, что проектирование включает в себя три основ-

ные стадии: анализ, синтез и оценку. Простыми словами эти три стадии можно определить соответственно как "расчленение задачи на части", "соединение частей по-новому" и "изучение последствий от практического внедрения нового устройства". Большинство специалистов по теории проектирования сходятся на том, что обычно эти стадии повторяются многократно, а некоторые [6, 33] считают, что каждый следующий цикл отличается от предыдущего большей детализацией и меньшей общностью. Три описанные ниже стадии не всегда образуют единую универсальную стратегию, состоящую из еще более мелких ступеней. Они имеют более элементарную природу — это лишь категории, которые позволяют нам обсуждать многие "открытые концы" современной теории проектирования, хотя бы на том неточном описательном уровне, выше которого мы не можем подняться при нынешнем сочетании частичного знания с частичным неведением.

Эти три ступени можно назвать дивергенцией, трансформацией и конвергенцией, причем названия эти в большей мере соответствуют новым задачам, связанным с проектированием систем, чем традиционным методам архитектурного проектирования и технического конструирования. Каким бы нелепым и бессмысленным ни казалось профессиональному проектировщику раздельное рассмотрение этих трех ступеней, оно, несомненно, является необходимой предпосылкой для внесения методологических изменений на всех стадиях и должно предшествовать их воссоединению в единый процесс, пригодный для проектирования на уровне систем.

5.2. Дивергенция

Этот термин обозначает расширение границ проектной ситуации с целью обеспечения достаточно обширного — и достаточно плодотворного — пространства для поиска решения. К этой категории относится большинство методов, описанных в гл. 9. Методы гл. 10 можно использовать как для дивергентного поиска, так и для трансформации. Дивергентный поиск характеризуется следующими ос-

новными чертами:

- а) Цели неустойчивы и условны.
- б) Границы задачи неустойчивы и неопределенны.
- в) Оценка откладывается на будущее: все, что может иметь отношение к решению задачи, принимается во внимание, как бы сильно одно положение ни противоречило другому.
- г) Техническое задание, полученное от заказчика, принимается за отправную точку исследований, но при этом считается, что это задание может подвергаться изменениям и развитию в ходе дивергентного поиска, а может быть, и на более поздних ступенях (однако не без согласия заказчика).
- д) Задача проектировщика заключается в сознательном увеличении своей неуверенности, в освобождении от заранее заданных решений, в изменении стратегии мыслительной деятельности на основе массива данных, которые могут иметь отношение к решению задачи.
- е) Одна из целей исследований на этой стадии заключается в том, чтобы изучить реакцию заказчиков, потребителей, рынка, производства и т.п. на смещение целей и границ задачи в разных направлениях и в различном объеме. Направление исследования этой реакции во многом зависит от того, какие именно неувязки и противоречия обнаруживаются в сложившейся ситуации (см. разд. 9.3).

Дивергентный поиск можно рассматривать как проверку на устойчивость всего, что имеет отношение к решению задачи, как попытку определить, что в иерархии социальных ценностей, систем, изделий и деталей (а также в умах тех, кто будет принимать ответственные решения) подвержено изменению, а что можно считать неподвижными точками отсчета. Стабильные и нестабильные точки одинаково часто могут встречаться как на низших уровнях, соответствующих изделиям и их составным частям, так и на высших уровнях коллективных целей и индивидуальных оценочных суждений; на этой ступени нельзя ожидать появления упорядоченной картины. Проектировщик должен по возможности

воздерживаться от попыток втиснуть свои выводы в незрелую схему. Принятие решений нужно отложить до следующей стадии, когда проектировщик будет достаточно много знать обо всем, что связано со стоящей перед ним задачей, и на основе этих знаний сумеет предвидеть вероятные последствия различных способов организации данных.

Необходимо отметить, что работа на этой стадии включает в себя как логические, так и интуитивные действия и требует "больше беготни, чем размышлений в кресле". Новички в области методологии проектирования обычно впадают в одну и ту же ошибку: на этой стадии они слишком много занимаются спекулятивными размышлениями и не осознают необходимости сбора фактов прежде, чем можно будет принимать важные решения, и прежде, чем им самим станет ясно, чего они хотят. Навыками работы на этой предпроектной стадии гораздо легче овладевают лица, имеющие опыт в таких областях, как журналистика, научно-исследовательская работа, статистический анализ данных, чем люди, получившие специальную подготовку по проектным специальностям, — инженеры, архитекторы, художники-конструкторы, градостроители и пр. Проектировщикам часто приходится многому разучиваться, чтобы приобрести свободу, гибкость и широту взглядов, которые нужны *до того*, как будут приняты проектные решения, и *до того*, как станет целесообразно приниматься за что-либо похожее на окончательную проработку конструкции.

Затраты на такого рода предпроектную деятельность легко могут выйти из-под контроля. Чтобы этого не случилось, нужно достаточно реально определить размеры убытков, к которым привел бы отказ от сбора информации. Кроме того, определенную часть связанных с поиском затрат следует направить на управление этим поиском, а не на его выполнение. Например, лучше убедиться, что информация берется из надежных и подходящих источников, чем черпать данные откуда попало в надежде, что попадется что-нибудь ценное, или просто потому, что исследователь случайно знает о существовании данного источника информации. Основной ошибкой на этой

стадии является неправильная постановка вопросов. Постановку вопросов и принятие решений о том, куда обратиться за ответом и насколько грубыми или точными должны быть эти ответы, следует предоставить самым опытным и разумным специалистам, которых удастся привлечь к этой работе.

Вкратце можно сказать, что цель дивергентного поиска заключается в том, чтобы перестроить или разрушить первоначальный вариант технического задания, выявив при этом те аспекты ситуации проектирования, которые позволяют получить ценные и осуществимые изменения. Проводить дивергентный поиск — это значит также с минимальными затратами и в кратчайшие сроки приобретать новый опыт, достаточный для того, чтобы противодействовать всем ошибочным установкам, из которых вначале исходили бригада проектировщиков и ее заказчики.

5.3. Трансформация

Это стадия создания принципов и концепций, пора высокого творчества, вдохновенных догадок и озарений — всего, что составляет радость творческого труда при проектировании. Это же и самая ответственная стадия, когда совершаются крупные ошибки, когда могут восторжествовать необузданный оптимизм или узость мышления, когда необходимы большой опыт и здравомыслие, чтобы не огорчить мир дорогостоящими и бесполезными — или даже вредными — результатами больших, но неверно направленных затрат человеческого труда. Это стадия, когда суждения о ценностях и о технических возможностях объединяются в решения, которые должны отражать реальные политические, экономические и эксплуатационные аспекты ситуации проектирования. Из всего этого возникает общая концептуальная схема проектируемого объекта, которая кажется удачной, хотя это и нельзя доказать. Как указывал Мангейм [34], оптимального решения достичь невозможно — можно лишь провести оптимальный поиск. Невозможно обрести полную уверенность в том, что то, что делается, в конечном итоге окажется "наилучшим". По утверждению Би-

ра [35], только ретроспективно можно убедиться в том, что поиск (но не цель) оправдал себя.

Многие из методов, описанных в ч. II, включают в себя на разных ступенях некоторую долю трансформации. Методы, в которых трансформация — главное, сгруппированы в гл. 10 и 11.

Для трансформации (которая может *произойти* неожиданно в любой момент, но которую нужно *применять* только после того, как дивергенция в значительной мере уже завершена; см. разд. 8.1) характерны следующие основные черты:

а) Основная цель заключается в том, чтобы на результаты дивергентного поиска наложить некоторую концептуальную схему, достаточно точную для конвергенции к единому проекту, а затем утвердить этот проект и закрепить его во всех деталях. Избранная схема должна отражать все реалии конкретной ситуации. Создание концептуальной схемы в данном случае представляет собой творческий акт преобразования сложной задачи в простую путем изменения ее формы и принятия решения о том, что необходимо подчеркнуть, а чем можно пренебречь.

б) На этой ступени фиксируются цели, технические задания и границы задачи, выявляются важнейшие переменные, распознаются ограничения; здесь используются предоставляющиеся возможности и выносятся оценочные суждения.

в) На этой же ступени задача расчленяется на подзадачи, причем считается, что все подзадачи можно решать параллельно или последовательно и в значительной мере независимо друг от друга. Инструментом на этой важнейшей стадии служат специальные слова и символы, придуманные для обозначения частей задачи. Из них составляется "язык задачи", который кладется в основу дальнейшей работы.

г) Важнейшими условиями успешной трансформации являются, во-первых, свобода изменения подцелей, позволяющая избежать серьезных потерь качества, и, во-вторых, быстрота оценки возмож-

ностей и последствий реализации любой конкретной последовательности подцелей. Это второе условие почти невыполнимо, так как изменение подцелей означает переход к принципиально иному проекту. Такое изменение может вызвать фатальные задержки обратной связи от практического опыта, обеспечивающей поступление информации, необходимой для обоснованного выбора подцелей. На традиционном уровне проектирования изделий быстрая обратная связь обычно обеспечивается в значительной мере за счет опыта главного конструктора, а также за счет скорости и надежности, с которой он умеет оценить "на обороте старого конверта" различные альтернативные варианты конструкции. На уровне систем изменение подцелей требует испытаний альтернативных изделий и альтернативных деталей, поэтому здесь осуществимость проекта уже не удастся прогнозировать исходя из имеющегося опыта или на основании эскиза. В этом случае основные надежды возлагаются на научную оценку. Как мы видели в гл. 4, одно хорошо проведенное испытание или один "акт прогнозирования" уже может дать информацию о возможностях осуществления целого ряда альтернативных конструкций изделия, а это расширяет "пространство маневрирования" проектировщика при трансформации всей системы.

д) На этой стадии ярче всего проявляется личность проектировщика. Вообще говоря, чем более контрастна сложившаяся у индивидуума мысленная картина мира — существующего или потенциального, — тем большую нетерпимость он будет проявлять ко всем трансформациям, кроме той, которая представляется ему правильной. Вот здесь-то и может дать сбой "коллегиальное проектирование". Ставить на голосование можно только ту или иную трансформацию целиком, без "перемешивания" соперничающих вариантов. Обычно можно предложить несколько трансформаций, каждая из которых обеспечивает достижение приемлемого (хотя и каждый раз иного) результата.

При трансформации структуры системных задач можно, как мы увидим в гл. 10, пользоваться как языковыми,

так и математическими методами, например методом "Классификация проектной информации" (разд. 11.8) или методом "Определение компонентов по Александру" (разд. 11.7); можно также прибегнуть к сознательному стимулированию "скачков интуиции" и "озарений", как в методе "Синектика" (разд. 10.2).

5.4. Конвергенция

Последняя из трех стадий охватывает то, что при традиционном подходе занимало почти все время проектирования, но что по мере автоматизации проектирования постепенно стали игнорировать. Эта стадия наступает тогда, когда задача определена, переменные найдены, а цели установлены. Теперь проектировщику необходимо шаг за шагом разрешать второстепенные противоречия до тех пор, пока из многих возможных альтернативных конструкций не останется одна — окончательное решение, которое и получит "путевку в жизнь".

Из методов, описанных в ч. II, сюда в наибольшей степени подходят методы, изложенные в разд. 7.1, 7.5 и 7.6, а также в разд. 12.3 и 12.4. Это логические методы типа "прозрачного ящика", которые в принципе поддаются автоматизации. Кроме того, они позволяют распределить работу между помощниками, которые не обязательно должны представлять себе всю картину решения задачи и могут обойтись без непосредственного доступа ко *всем* данным, имеющим отношение к проекту.

Основные характеристики конвергенции таковы:

а) Настойчивость, жесткость мышления и методики здесь являются достоинством; с лабильностью и неопределенностью надо бороться. Основная цель на этом этапе — как можно быстрее уменьшить неопределенность, поэтому большую помощь здесь оказывает все, что способствует исключению альтернатив, не заслуживающих рассмотрения. Главным же врагом является быстрый рост затрат при все более детальном анализе задачи по мере приближения к точке конвергенции. Самое главное решение, которое здесь необходимо при-

нять, — это установить порядок принятия решений, уменьшающих разнообразие. Насколько возможно, порядок этот должен быть обратным порядку их логической зависимости, что приводит к линейной стратегии без цикличности. Это идеальный вариант многих готовых стратегий, описанных в гл. 7.

б) Подводным камнем при конвергенции является, несомненно, тот факт, что некоторые подзадачи неожиданно приобретают особую важность, так как они не могут быть разрешены без изменения ранее принятых решений, что приводит к цикличности. Цель "магической" стадии трансформации заключалась в том, чтобы тем или иным способом придать задаче форму, при которой подзадачи предвосхищались бы или исключались действиями на более общем уровне.

в) Модели, используемые для представления поля оставшихся альтернатив, в ходе конвергенции должны становиться менее абстрактными и более детализированными. При проектировании систем ни масштабный чертеж, ни прототип в натуральную величину не обеспечивают достаточной общности ни для одного этапа конвергенции, кроме самого последнего. На более ранних этапах конвергенции пригодны математические модели и абстрактные аналогии, в которых отражается сумма имеющихся знаний в области прикладных наук. Поскольку они хорошо известны и весьма многочисленны, их описание в ч. II не приводится.

г) Как мы видели в гл. 4, для осуществления конвергенции возможны две диаметрально противоположные стратегии. Одна из них направлена *от внешнего к внутреннему*. Этой стратегией пользуется, например, архитектор, когда он, исходя из внешнего вида здания, определяет планировку помещений в нем. Вторая стратегия направлена *от внутреннего к внешнему*, и ею тоже может воспользоваться архитектор, если он исходит из функций или планировки отдельных помещений и лишь на этой основе приходит к решению о внешнем виде здания. По-видимому, опытный проектировщик

чаще всего будет одновременно идти с обоих концов, ставя перед собой вопросы в точках встречи этих двух направлений, где часто возникают неувязки. Многие из новых методов проектирования, например метод "Стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов", (разд: 7.7), построены целиком на стратегии, направленной от внутреннего к внешнему, и предполагают независимое решение подзадач без учета их последующего сочетания в единое целое. Сторонники этой "атомарной" стратегии исходят из того, что решение подзадач не зависит от способа их объединения.

Подводя итог, можно сказать, что цель конвергенции — сократить поле возможных вариантов до единственного избранного проекта с минимальными затратами времени и средств и без необходимости совершать непредвиденные отступления. Это единственный аспект проектирования, который, видимо, до конца поддается логическому анализу и который — по крайней мере в некоторых случаях — может быть целиком выполнен вычислительной машиной. Правда, здесь остаются некоторые сомнения. Вкратце они сводятся к тому, что логическое описание путей, которые в прошлом привели к нужной цели, может оказаться несостоятельным при следующем заходе.

5.5. Последствия расчленения акта проектирования

Главным результатом новых методов проектирования является объективация тех процессов мышления, которые традиционный проектировщик держал "при себе", и разделение их на три категории: интуитивное мышление ("черный ящик"), логическое мышление ("прозрачный ящик"), и металогическое, или процедурное, мышление ("мысли о мыслях"). Такая объективация и подобное расчленение привели к возникновению целого набора методов, каждый из которых касается в первую очередь лишь одного аспекта того, что при традиционном проектировании составляло единый и не поддающийся объяснению процесс (причем — не следует забывать — процесс в

высшей степени эффективный на уровне проектирования изделий). Цель объективации и расчленения очевидна: они призваны раскрыть мышление проектировщиков для восприятия огромного количества новых фактов и идей, которые крайне важны для проектирования на уровне систем, но, по-видимому, не могут содержаться в индивидуальном опыте какого-либо одного, даже самого талантливого, проектировщика. Однако методологии проектирования, пожалуй, упускают из виду разрушительное действие, которое оказывает такое расчленение на способность проектировщика (или бригады проектировщиков) сохранять контроль над ходом работ по проекту в целом на жизненно важной, но загадочной стадии трансформации, от которой в наибольшей степени зависит успех или неудача новаторской деятельности.

Как уже упоминалось, первые попытки применения новых методов в лучшем случае приносят частичный успех, а в худшем заканчиваются полной неудачей. Именно поэтому примеры, приведенные в ч. II, содержат мало описаний успешного практического использования излагаемых методов: пока что в нашем распоряжении чаще имеются лишь гипотетические примеры и частичные результаты. И все же можно надеяться, что даже эти скромные примеры окажутся более полезными для читателя, чем абстрактный пересказ различного рода словесных рассуждений о методологии проектирования (к которым, как я вынужден признать, относится и большая часть этой главы, включенная в книгу лишь по совету тех, кто любезно согласился высказать свои критические замечания по первоначальному варианту рукописи; верно, впрочем, и то, что писать ее мне было гораздо приятнее, чем остальные части книги!).

Положительный эффект от применения новых методов заключается в том, что они, во-первых, заставляют проектировщиков в поисках информации выйти за пределы привычного круга мыслей и, во-вторых, предохраняют от искушения ухватиться за первую попавшуюся мысль, которая придет в голову. Более строгие логические методы резко увеличивают число альтернатив, которые под-

лежат оценке на стадии конвергентного поиска. Их главный недостаток, однако, в том, что они не позволяют установить, насколько информация и идеи, собранные во время дивергентного поиска, и проект, создаваемый по планомерной конвергентной стратегии, соответствуют общей проектной ситуации и ее определяющим элементам. Поэтому иногда при этом утрачивается контроль над проектом в целом и вместо разумного улучшения получается отход от соображений здравого смысла. Самым серьезным недостатком новых методов в применении к крупным и неопределенным задачам разработки систем является то, что они уменьшают (вместо того чтобы увеличивать) возможности выявления главных целей и подзадач, которые для успешного осуществления конвергенции требуют исследования на ранних стадиях. Явно не хватает формализованного метода, который позволял бы группе людей тесно сотрудничать в жизненно важном процессе трансформации задачи (ближе всего к этому подходит метод, изложенный в разд. 10.2 "Синектика"). Это не столько отдельная стадия работы, сколько средство, обеспечивающее интуитивный выбор решения в критических точках дивергенции и конвергенции.

Следует отметить, что практика подтвердила высокую эффективность некоторых из новых методов в применении к стабильным и ограниченным определенными рамками ситуациям проектирования, не связанным с новаторством на уровне систем. В таких проектах, как программа пилотируемых космических полетов, система телевидения с ретрансляцией через спутник, проектирование химических заводов и разработка телефонных систем, достигнуты замечательные результаты, которые были бы немыслимы без объективирования мышления проектировщика. К сожалению, эти довольно хорошо упорядоченные задачи проектирования существенно отличаются от некоторых весьма неупорядоченных ситуаций, с которыми придется иметь дело многим читателям этой книги. Во-первых, в этих случаях ситуация находится под контролем одной организации, она зачастую свободна от мелочной политической опеки и позволяет с самого начала определить конечные цели.

Во-вторых, эти новые системы собираются из готовых элементов или из таких узлов, функции которых можно задать до начала рабочего проектирования: это, по сути дела, поточные системы, о которых говорилось в гл. 4. Поэтому жизненно важную стадию трансформации не приходится проводить на уровне систем или еще более высоком уровне — задачу можно принять в том виде, в каком она поставлена. Структура задачи заранее определена неизменной природой организации и априорными знаниями о взаимодействиях между нормализованными узлами поточной системы. Подлинное требование нашего времени — требование объединения социальных изменений с техническими — невозможно удовлетворить без исследования взаимных радикальных воздействий социальных организаций и материальных систем. Обоюдная податливость — важнейшее условие новых форм развития, подразумеваемых под термином "научно-технический прогресс".

5.6. Перспективы восстановления единства проектирования

По-видимому, возникла необходимость воссоединения различных аспектов проектирования, которые оказались разделенными при скачкообразном переходе от проектирования на чертежной доске к проектированию систем. Если оглядеться в поиске примет такого воссоединения, можно обнаружить, что этот процесс уже начался как в области проектирования, так и за ее пределами. Важными представляются следующие признаки.

1. Широко распространен интерес к метапроцессам (т.е. к "мыслям о мыслях"). Примерами могут служить техника управления, разработка машинных языков высокого уровня, возрождение интереса к философским, этическим и политическим принципам, оживление интереса к вопросам веры даже со стороны убежденных атеистов¹⁾. Некоторые кон-

кретные метапроцедуры можно встретить в существующих методах проектирования, изложенных, например, в гл. 8. Дополнительные соображения приводятся в гл. 4 и 6. Особый интерес представляют работы Мангейма [34], а также Мангейма и Холла [36], посвященные стратегии и целям, однако автору эти работы стали известны слишком поздно, для того чтобы он мог учесть их при изложении материала ч. II.

2. Отмечается постоянно возрастающая тенденция привлечения всех, кто может быть затронут новым проектом, к участию в выработке важнейших решений либо опосредованно, через исследование потребительского спроса, либо непосредственно, через организации, создаваемые с целью защиты интересов тех, чье благосостояние зависит от результатов планирования и проектирования. Все эти меры направлены на то, чтобы облегчить своевременное выявление критических точек для принятия соответствующих мер. Здесь надо отметить и возрастающую роль средств массового обучения, потребительских журналов, рекламы и художественного оформления изделий, которые своим воздействием на потребителя способствуют признанию и правильной оценке достоинств и недостатков новых изделий и систем. С помощью этих средств потребитель приобретает знания и стимулы для адаптации к новым вещам, которые он может использовать себе на благо лишь после того, как он изменит свой образ жизни и отношение к соответствующим вещам. Здесь становятся вполне очевидными моральные аспекты проектирования, но не будем спешить предавать анафеме такое средство, как реклама, лишь за то, что оно вмешивается в ситуацию морального выбора. "Поношение технических средств" — лишь современная форма малодушия. Новой тенденцией в сфере потребления является стремление, особенно заметное в строительном проектировании, функционально отделять один элемент оборудования от другого, чтобы предоставить потребителю больше свободы в перестройке время от времени своей предметной среды, что позволяет установить гораздо менее жесткое согласование между

¹⁾ См. предисловие, с. 9. — *Прим. ред.*

идеями проектировщика и нуждами потребителя.

3. Новые возможности воссоединения дивергенции и конвергенции возникают в связи с применением вычислительных машин, работающих в реальном масштабе времени и снабженных устройствами ввода и вывода графической информации. Такие машины позволяют осуществлять обмен информацией между человеком и машиной в нормальном для человека темпе. В этой области предсказывают замечательные перспективы, но реальные достижения пока сильно отстают от прогнозов. Идеальной картиной полного симбиоза человека и машины был бы эволюционный процесс, в ходе которого разум машины сочетался бы с разумом человека в единую, чутко реагирующую сеть, обеспечивающую быстрый доступ ко всей опубликованной информации и ко всем имеющимся подпрограммам для автоматического проектирования. Конечным эффектом такого симбиоза могло бы стать взаимное стимулирование, посредством которого люди с непредубежденным умом и программы с незамкнутым циклом подталкивали бы друг друга к непредсказуемым, новаторским, но реалистическим исследованиям возможных путей развития искусственной среды (Броди и Линдгрэн [37, 38]). Это должно быть похоже на непредсказуемое в деталях течение разговора между людьми, которые заранее не знают, что они скажут в следующий момент, но в ходе взаимного обмена намеками, догадками и эмоциональными импульсами начинают замечать и понимать вещи, которые без этого остались бы за пределами их внимания.

Анализ путей к соединению и слиянию всего этого выходит за рамки данной книги. Пока будет достаточно, если мы увидим в них веские основания для того, чтобы рассматривать новые методы проектирования как грубые, но важные шаги к восстановленному в своем единстве метапроцессу проектирования, который, видимо, станет важной отличительной чертой эволюции искусственной среды с 70–80-х годов нашего века.

5.7. Грубый операционализм или коллективное озарение?

Последнее замечание: логически обоснованный, системный, поведенческий и операциональный характер новых методов уже привел к высказываниям о том, что методология является — или может стать — антигуманной (см., например, [39–42]). Конечно, можно подобрать примеры грубого и негибкого применения исследования операций, в которых люди рассматриваются наравне с предметами и процессами как *инструменты* или *орудия*, не обладающие собственной сознательной жизнью. Риск совершить подобный грех существует, но нам придется пойти на этот риск, если мы хотим играть роль определяющего, а не определяемого фактора в эволюции искусственной среды. Оппонентов "грубого" операционализма подстерегает противоположная опасность — риск использования ошибочных аргументов анимизма, витализма и натурализма, исходя из ложного убеждения, что такие слова, как "методология", "техника" и "наука", обозначают не осознанные идеи живых людей из плоти и крови, а некие мистические коллективные существа или силы, способные к коварным заговорам и злонамеренным козням.

В новых — и на первый взгляд бескровных и беспощадных — методологиях¹⁾ следует видеть именно то, что они собой представляют: некие символические схемы. Сами по себе они имеют не большую ценность, чем та сеть межличностных отношений, которую мы называем "социумом" и которой мы ошибочно приписываем самостоятельное существование, независимое от существования отдельных его членов. Новые своды терминов и новые процессы в области проектирования и планирования теряют реальные основы и всю свою ценность, как только они перестают отражать устремления личностей, которые имеют наибольшее значение для тех, кто принимает решения, и для тех, на ком эти решения

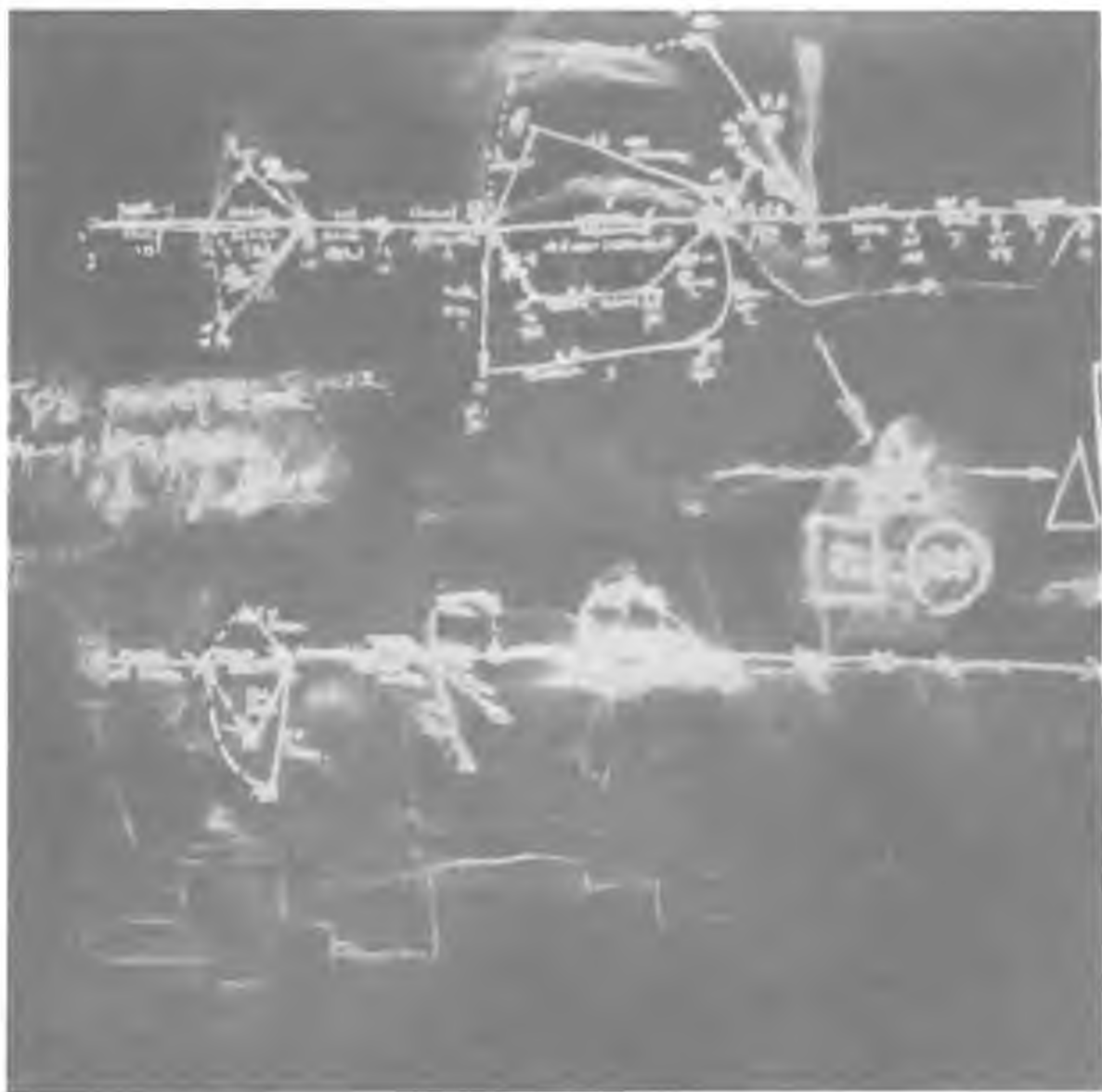
¹⁾ См. предисловие, с. 8. — *Прим. ред.*

сказываются. Осуществление коллективного выбора в исследовании будущей искусственной среды зависит не только от применения достаточно мощных методов, но и от общественного признания того факта, что методы должны непрерывно видоизменяться, сообразуясь с реакциями и открытиями, убеждениями и разочарованиями, протестами и ответными действиями, настроениями и фантазиями, радостью и горем, которыми сопровождается использование (на благо или во вред) нашего возрастающего могущества. Короче: методология должна быть не фиксированным маршрутом к постоянному месту назначения, а беседой обо всем, что может быть осуществлено. Язык этой беседы должен служить мостом через логическую пропасть между прошлым и будущим, но при этом он не должен ограничивать многообразия возможных вариантов будущего и свобо-

ды выбора одного из этих вариантов. Если первые попытки создания методологии проектирования оказались слишком жесткими, значит, надо их смягчить, но не отвергнуть. Будем надеяться, что в расширенном и воссоединенном процессе проектирования жесткость и гибкость будут уравнивать друг друга.

Говоря словами Жака Эллюля [43], которые выбраны эпиграфом к гл. 3, "сама действительность — это система детерминизмов, а свобода состоит в преодолении этих детерминизмов и в пренебрежении ими"¹⁾.

¹⁾ Свобода состоит в способности принимать решение со знанием дела, а не в воображаемом пренебрежении системой детерминизмов действительности, как об этом пишет Ж. Эллюль. — *Прим. ред.*



"Разум, т. е. соотносёние всего, что
мы уже знаем, не таков, каким он
станет, когда мы будем знать
Богиню"

Уильям Блейк, 1788

Blake W. Poetry and prose of
William Blake, Ed. by G. Keynes,
Nonesuch Press, London, 1788: 4th
ed., Random House, New York, 1948:

Выбор стратегий и методов

Каким образом проектировщики и члены групп планирования могут распознать методы, отвечающие стоящим перед ними задачам, и избежать применения непригодных методов? Какие особенности того или иного метода проектирования делают его пригодным в одной ситуации и неподходящим в другой? Обязательно ли испробовать метод или хотя бы понять его, чтобы судить о том, будет ли его применение в данных условиях плодотворным или окажется пустой тратой времени? Не ответив на эти вопросы, невозможно найти простой и быстрый способ отбора из всего множества методов, описанных в этой книге, тех, которые соответствуют реальной ситуации. В этой главе предпринимается попытка ответить на эти вопросы путем классификации новых методов и обсудить пути их объединения в "стратегию проектирования".

6.1. Стратегии проектирования

Термин "стратегия проектирования" применяется здесь в значении определенной последовательности действий, выбираемой проектировщиком или группой планирования с целью преобразования исходного технического задания в готовый проект, т.е. как совокупность традиционных приемов технического и архитектурного конструирования, описанных в гл. 2. Решение о том, какие действия

должны быть включены в стратегию проектирования, может быть принято с самого начала, или же можно менять стратегии в зависимости от результатов, полученных после выполнения предыдущих действий. Содержание каждого "действия проектировщика" определяется самим проектировщиком; некоторые действия могут быть основаны на новых методах типа описанных в этой книге; другие могут базироваться на традиционных приемах, таких как изготовление эскизов и масштабных чертежей; наконец, третьи будут представлять собой новые процедуры, самостоятельно изобретенные проектировщиком. Если метод проектирования (например, один из описанных в гл. 7), взятый сам по себе, позволяет решить задачу проектирования, он называется стратегией; однако в большинстве случаев новые методы не дают такой возможности, поэтому они здесь рассматриваются как "действия", из которых можно составить различные варианты законченных стратегий. Аналогия с военной стратегией была бы ошибочной: лучше всего понимать стратегию проектирования просто как намеченную последовательность методов.

Целесообразно классифицировать стратегии проектирования по двум показателям:

- а) степень заданности;
- б) схема поиска.

Заранее заданные, или готовые, стратегии типа приведенных в гл. 7 жестко

зафиксированы заранее, подобно программам ЭВМ. Они больше подходят для проектирования в знакомых ситуациях, чем для новаторской деятельности, т.е. для объединения или модернизации существующих конструкций, а не для изобретения новых изделий. Что бы ни говорили проектировщики-практики, значительная доля работы по проектированию совершается по предсказуемой схеме и, следовательно, может быть выполнена на ЭВМ. В идеале заданная стратегия должна быть *линейной*, т.е. состоять из цепочки последовательных действий, в которой каждое действие зависит от исхода предыдущего, но не зависит от результатов последующих действий (рис. 6.1).

Если после получения результатов на одной из стадий приходится возвращаться к одному из предыдущих этапов, стратегия становится *циклической*. Встречаются случаи, когда две или несколько петель обратной связи охватывают друг друга, как показано на рис. 6.2.

Такая схема с петлями характерна для многих программ для ЭВМ. Она напоминает движение в игре "вверх и вниз", где не предусмотрены премии (продвижение фишки ближе к финишу), а есть только штрафы (возврат в сторону старта). Самой страшной опасностью для проектировщика в этом случае становится бесконечная петля, или "порочный круг", из которого не удастся выбраться иначе,

как изменив структуру задачи. Когда действия проектировщика не зависят одно от другого, может иметь место *разветвленная стратегия* (рис. 6.3). В нее могут входить *параллельные этапы*, очень выгодные в том отношении, что позволяют увеличить количество людей, одновременно работающих над задачей, и *конкурирующие этапы*, которые позволяют в определенной степени видоизменять стратегию в соответствии с исходом предыдущих этапов.

Адаптивные стратегии (рис. 6.4) отличаются тем, что в них с самого начала определяется только первое действие. В дальнейшем выбор каждого действия за-

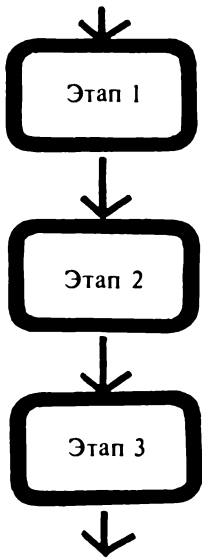


Рис. 6.1. Линейная стратегия.

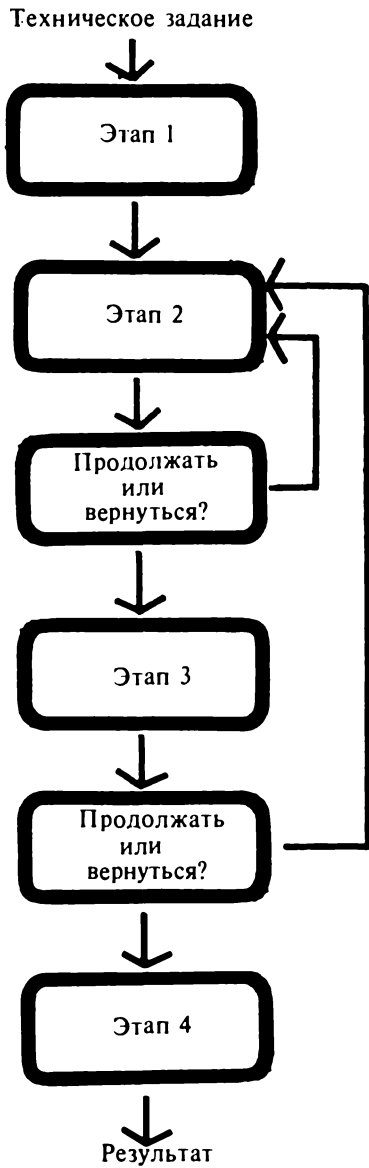


Рис. 6.2. Циклическая стратегия.

висит от результатов предшествующего действия. В принципе это самая разумная стратегия, поскольку схема поиска всегда определяется на основе наиболее полной информации. Ее недостаток состоит в невозможности предвидеть и контролировать затраты и сроки выполнения проекта. Многие предпочитают применять адаптивную стратегию, поскольку она позволяет полностью использовать способность человека (и животных) "импульсивно" совершать правильные действия. Надежным, но ограниченным вариантом адаптивного поиска является стратегия приращений (рис. 6.5). Эта

осторожная стратегия составляет основу традиционного проектирования, особенно в тех отраслях промышленности, которые базируются на ремесленном производстве; кроме того, на ней основаны многие методы автоматической оптимизации (Уайльд [44]).

Изменение путем приращений, т.е. последовательное изменение по одной переменной за каждый шаг, описано в разд. 7.5. При поиске методом приращений имеется риск пропустить хорошие решения, когда приращения слишком велики, и не охватить всего поля поиска, когда они слишком малы.

Случайный поиск, отличающийся абсолютным отсутствием плана (рис. 6.6), в некоторых случаях оказывается наилуч-

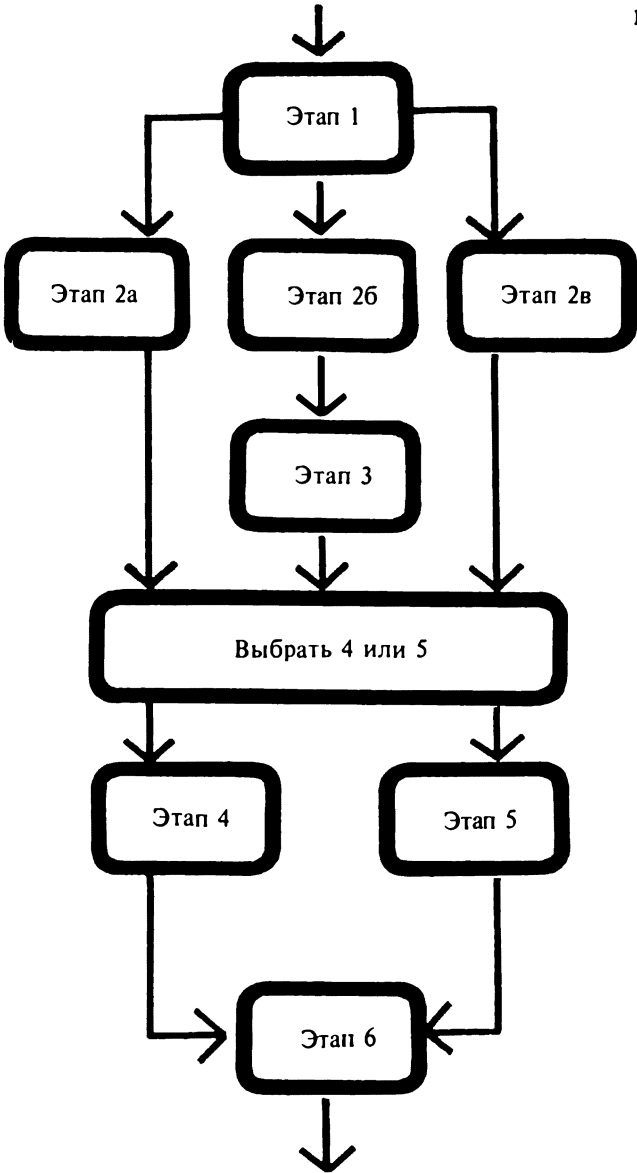


Рис. 6.3. Разветвленная стратегия.

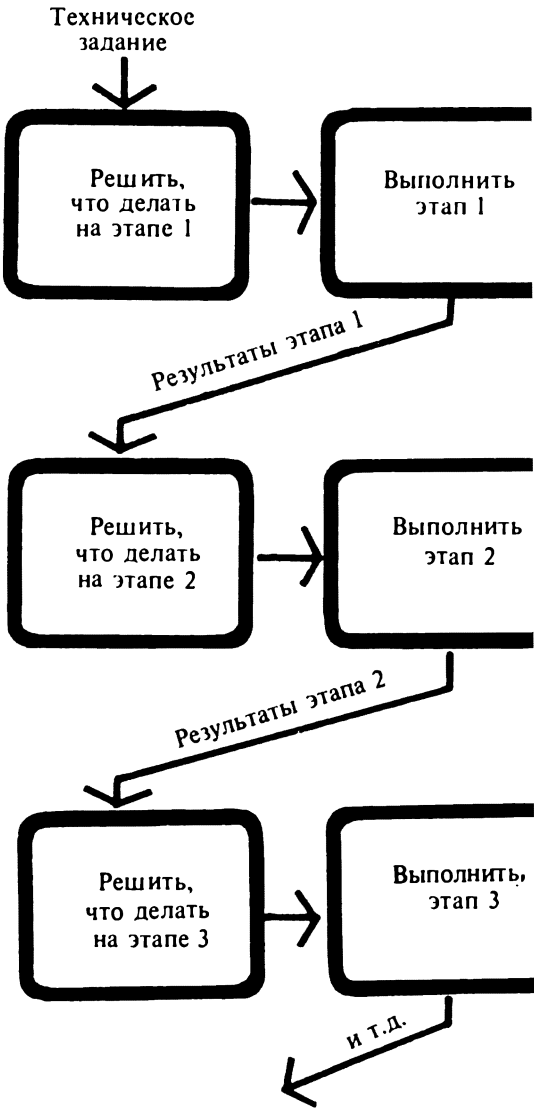


Рис. 6.4. Адаптивная стратегия.

шим методом. Эта на первый взгляд неразумная стратегия пригодна тогда, когда необходимо найти множество отправных точек для независимого поиска в широком поле неопределенностей. При выборе каждого этапа сознательно не учитываются исходы остальных этапов, что придает поиску предельно непредубежденный характер. Принцип случайно-

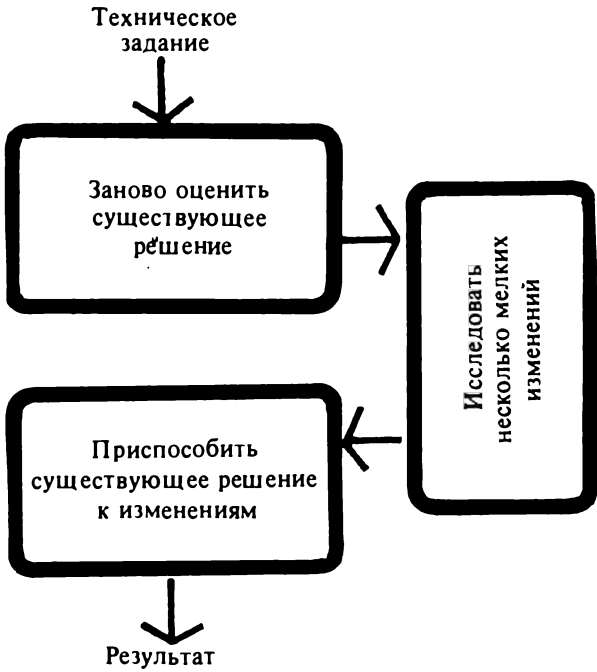


Рис. 6.5. Стратегия приращения.

го поиска лежит в основе таких приемов, как метод, изложенный в разд.10.1; он используется в новаторском проектировании, когда неразумно пренебрегать ни одним из внесенных предложений, пока не будет собрана дополнительная информация. Примером может служить поиск способов применения нового синтетического материала. Интересно отметить, что в большинстве попыток создания "машинного интеллекта" важная роль отводится "генератору случайных чисел".

Применение адаптивных стратегий и стратегий приращений преследует цель обеспечить ту или иную степень изменения схемы поиска в ходе самого поиска. Методы управления стратегией, или самоорганизующиеся системы проектирования (рис. 6.7), предназначены для оценки стратегии в целом в соответствии с внешними критериями и промежуточными результатами осуществления самой этой стратегии.

Эти методы призваны обеспечить сохранение принятой стратегии, несмотря на возникающие трудности, до тех пор, пока она остается перспективной, и ее замену или отказ от нее, когда она пере-

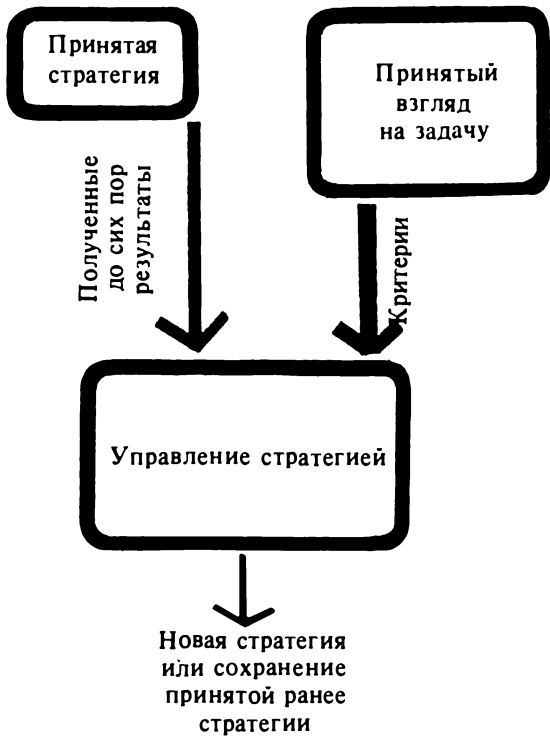


Рис. 6.7. Управление стратегией.

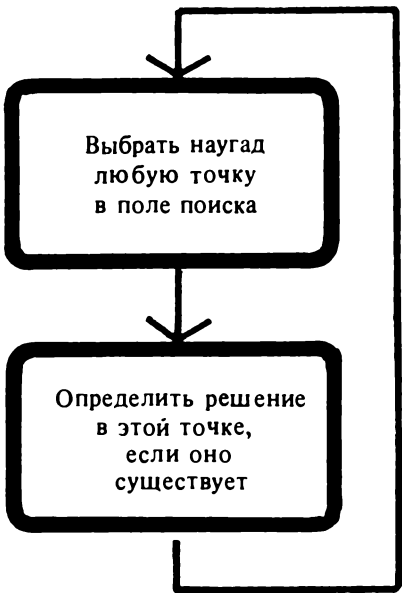


Рис. 6.6. Случайный поиск

стает соответствовать окружающей обстановке. Примеры приводятся в гл. 8.

6.2. Как выбрать метод проектирования

Для выбора метода проектирования можно пользоваться *схемой "Дано — Требуется"* (табл. 6.1). Здесь предполагается, что о пригодности того или иного метода можно судить, если сопоставить то, что уже известно проектировщикам, с тем, что они хотят определить. Исходными данными, соответствующими колонке "Дано" (или "Вход"), служат те сведения, которыми проектировщики должны располагать, прежде чем пользоваться методом. Конечные результаты, соответствующие строке "Требуется" (или "Выход"), — это те данные, которые получаются в результате применения данного метода. Шкалы "Дано" и "Требуется" совершенно идентичны: они построены в порядке уменьшения общности и увеличения определенности. Методы, наиболее полезные на ранних стадиях, когда почти всё неопределенно, попадают в верхний левый угол таблицы, а методы, соответствующие конечным стадиям решения задач проектирования, — в ее нижний правый угол. В клетках, далеко отстоящих от диагонали, приводятся методы, которые, по сути дела, представляют собой целые стратегии, поскольку они позволяют перескочить через несколько этапов. В клетках же, расположенных непосредственно над диагональю, указаны методы пошагового проектирования, из которых могут быть составлены стратегии проектирования. Некоторые методы повторно указаны ниже диагонали; это означает, что их можно использовать для проверки, т.е. для изменения формулировки задачи после ее частичного исследования. Способ применения схемы "Дано — Требуется" состоит в следующем:

1. Найти в графе "Дано" те категории информации, которые уже имеются. В ближайшей строке перечислены методы, которые применимы для решения соответствующей задачи.
2. По строке "Требуется" найти тот вид информации, который необходимо полу-

чить на данной стадии. Методы, обеспечивающие получение такой информации, указаны в соответствующей колонке.

3. Клетка, которая находится на пересечении выбранной строки с выбранной колонкой, содержит методы, позволяющие на основании имеющихся исходных данных получить необходимые конечные результаты. (Клетки обозначаются двумя цифрами через черточку; например, 4-6 означает клетку, в которой указан метод, изложенный в разд. 11.3 "AIDA".)

Пользуясь таблицей, нельзя забывать, что это первая попытка классификации методов проектирования, еще не опробованная на практике. Вероятно, читатели не всегда согласятся с тем, куда мы отнесли тот или иной метод; возможно, они смогут отыскать более удобную и четко определенную систему категорий. Пока же мы постараемся дать некоторые пояснения, которые позволят читателю легче понять структуру нашей схемы.

Дивергенция

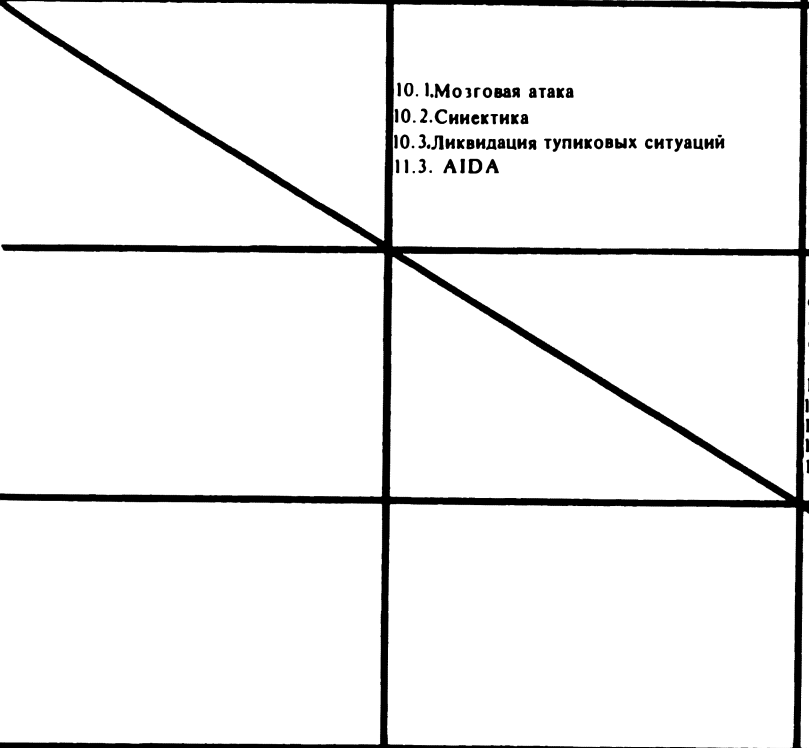
Методы, которые полезно использовать в самом начале проектирования, указаны в колонке 2 ("Исследование исходной проектной ситуации"). Как мы видели в гл. 5, на этой стадии преследуется цель пробуждать сомнения, правильно формулировать вопросы, выявлять существенные факторы, исследовать реакции заказчиков, потребителей и других лиц на различные варианты решения задачи. Дивергентные методы, помещенные в колонке 2, взяты в основном из гл. 9. Некоторые методы гл. 9 помещены в клетку 3-2; это означает, что их можно использовать при пересмотре задачи на более позднем этапе — "Анализ и преобразование структуры задачи" — для изучения новой ситуации проектирования, которая может возникнуть в результате трансформации задачи.

Трансформация

Этот процесс совершается посредством методов, указанных в колонке 3 (а также в клетках 1-4, 1-5, 1-6 и 2-5, где происходит трансформация исходных дан-

Таблица 6.1

<p>ТРЕБУЕТСЯ →</p> <p>ДАНО ↓</p>	<p>2</p> <p>Исследование исходной проектной ситуации</p>	<p>3</p> <p>Анализ и преобразование структуры задачи</p>
<p>1</p> <p>Составление технического задания</p>	<p>9.1. Формулирование задач 9.2. Поиск литературы 9.3. Визуальные несоответствия 9.4. Интервьюирование потребителей 10.1. Мозговая атака</p>	<p>9.2. Поиск литературы 9.3. Визуальные несоответствия 9.4. Интервьюирование потребителей 10.1. Мозговая атака 10.2. Синектика</p>
<p>2</p> <p>Исследование исходной проектной ситуации</p>		<p>9.1. Формулирование задач 9.9. Свертывание данных 11.1. Матрица взаимодействий 11.2. Сеть взаимодействий 11.8. Классификация 12.4. Составление технического задания</p>
<p>3</p> <p>Анализ и преобразование структуры задачи</p>	<p>9.2. Поиск литературы 9.5. Анкетный опрос 9.6. Исследование поведения потребителей 9.7. Системные испытания 9.8. Выбор шкал измерения 9.9. Накопление данных</p>	
<p>4</p> <p>Определение границ, описание промежуточных решений и выявление конфликтов</p>		<p>10.2. Синектика 10.3. Ликвидация тупиковых ситуаций 11.3. AIDA 11.4. Трансформация системы 11.5. Смещение границ 11.6. Проектирование новых функций 11.7. Метод Александра</p>
<p>5</p> <p>Комбинирование промежуточных решений и варианты проекта</p>		
<p>6</p> <p>Оценка вариантов проекта и выбор окончательного варианта</p>		

<p>4</p> <p>Определение границ, описание промежуточных решений и выявление конфликтов</p>	<p>5</p> <p>Комбинирование промежуточных решений и варианты проекта</p>	<p>6</p> <p>Оценка вариантов проекта и выбор окончательного варианта</p>
<p>9.3. Визуальные несоответствия</p> <p>10.1. Мозговая атака</p> <p>10.4. Морфологические карты</p>	<p>9.3. Визуальные несоответствия</p> <p>10.1. Мозговая атака</p> <p>10.2. Синектика</p>	<p>8.1. Переключение стратегии</p> <p>8.2. Фундаментальный метод Мэтчетта</p>
	<p>11.4. Трансформация системы</p> <p>11.6. Проектирование новых функций</p> <p>11.7. Метод Александра</p>	
<p>7.5. Поиск границ</p> <p>9.7. Системные испытания</p> <p>10.1. Мозговая атака</p> <p>10.4. Морфологические карты</p> <p>12.2. Выбор критериев</p> <p>12.3. Ранжирование и взвешивание</p> <p>12.4. Составление технического задания</p>	<p>10.1. Мозговая атака</p> <p>10.2. Синектика</p> <p>11.4. Трансформация системы</p> <p>11.5. Смещение границ</p>	<p>7.1. Упорядоченный поиск</p> <p>7.2. Стоимостный анализ</p> <p>7.3. Системотехника</p> <p>7.4. Системы «человек-машина»</p> <p>7.5. Поиск границ</p> <p>7.6. Кумулятивная стратегия Пейджа</p> <p>7.7. CASA</p>
	<p>10.1. Мозговая атака</p> <p>10.2. Синектика</p> <p>10.3. Ликвидация тупиковых ситуаций</p> <p>11.3. AIDA</p>	<p>11.3. AIDA</p>
		<p>7.2. Стоимостный анализ</p> <p>9.5. Анкетный опрос</p> <p>9.6. Исследование поведения потребителей</p> <p>9.7. Системные испытания</p> <p>9.8. Выбор шкал измерения</p> <p>9.9. Накопление и свертывание данных</p> <p>12.1. Контрольные перечни</p> <p>12.2. Выбор критериев</p> <p>12.3. Ранжирование и взвешивание</p> <p>12.4. Составление технического задания</p> <p>12.5. Индекс надежности по Квирку</p>

ных 1 или 2 в выходные данные 4, 5 или 6). Чтобы лучше понять смысл термина "Анализ и преобразование структуры задачи", лучше всего перечитать раздел "Трансформация" в гл. 5 и пояснения, которые приводятся в ч. II при описании каждого метода гл. 11, указанного в колонке 3. В клетке 4-3 приведены методы, обеспечивающие возможность пересмотра задачи на более поздней стадии. Такой пересмотр бывает очень эффективным: можно придать задаче временную, условную структуру с единственной целью получения информации, которая позволит вскрыть реальные трудности, а затем изменить структуру задачи таким образом, чтобы преодолеть эти трудности.

Обращает на себя внимание тот факт, что в строки 1 и 2 входят по большей части "мягкие" методы, которые по каждой категории дают промежуточные результаты, пока не сложилась окончательная структура задачи. "Жесткие" методы, обеспечивающие твердую основу для исследования структуры нетривиальных задач (клетка 3-2) или для устранения логических затруднений (клетка 4-3), можно применять лишь после того, как получены промежуточные результаты (колонки 3 и 4 соответственно).

Конвергенция

Операции, приводимые в колонках 4, 5 и 6, всегда направлены на снижение неопределенности, возникшей на предыдущих стадиях, и на конвергенцию к единственному варианту проекта.

Готовые стратегии (гл. 7), т.е. методы с сильнейшей конвергенцией, стоят все вместе в клетке 3-6. Сюда входят "систематические", т.е. логические и математические методы (разд. 7.1–7.4), а также "адаптивные" методы (разд. 7.5–7.7). Основным недостатком методов, указанных в этой клетке, является то, что все они предполагают неизменную структуру задачи и поэтому не годятся для новаторского проектирования. Группа более умозрительных, менее практически направленных логических методов включена в клетку 2-5. Методы управления стратегией (разд. 8.1, 8.2) указаны в клетке 1-6, так как с их

помощью можно выбрать другие методы. Клетки, расположенные вдоль диагонали (3-4, 4-5 и 5-6), содержат более скромные конвергентные методы, обеспечивающие продвижение вперед без риска, с которым связано применение более общих стратегических методов, удаленных от диагонали. Самые надежные и эффективные из этих методов пошагового продвижения указаны в клетке 5-6. Сюда относятся "жесткие" исследовательские методы, изложенные в разд. 9.5–9.9 (используемые в данном случае для оценки, а не для исследования) и оценочные методы из гл. 12. Стратегический оценочный метод "Стоимостный анализ" (разд. 7.2) включен в эту клетку, чтобы указать на возможность его использования для совершенствования существующего изделия. Этот метод указан также в клетке 3-6, так как его можно применять и для разработки новых изделий.

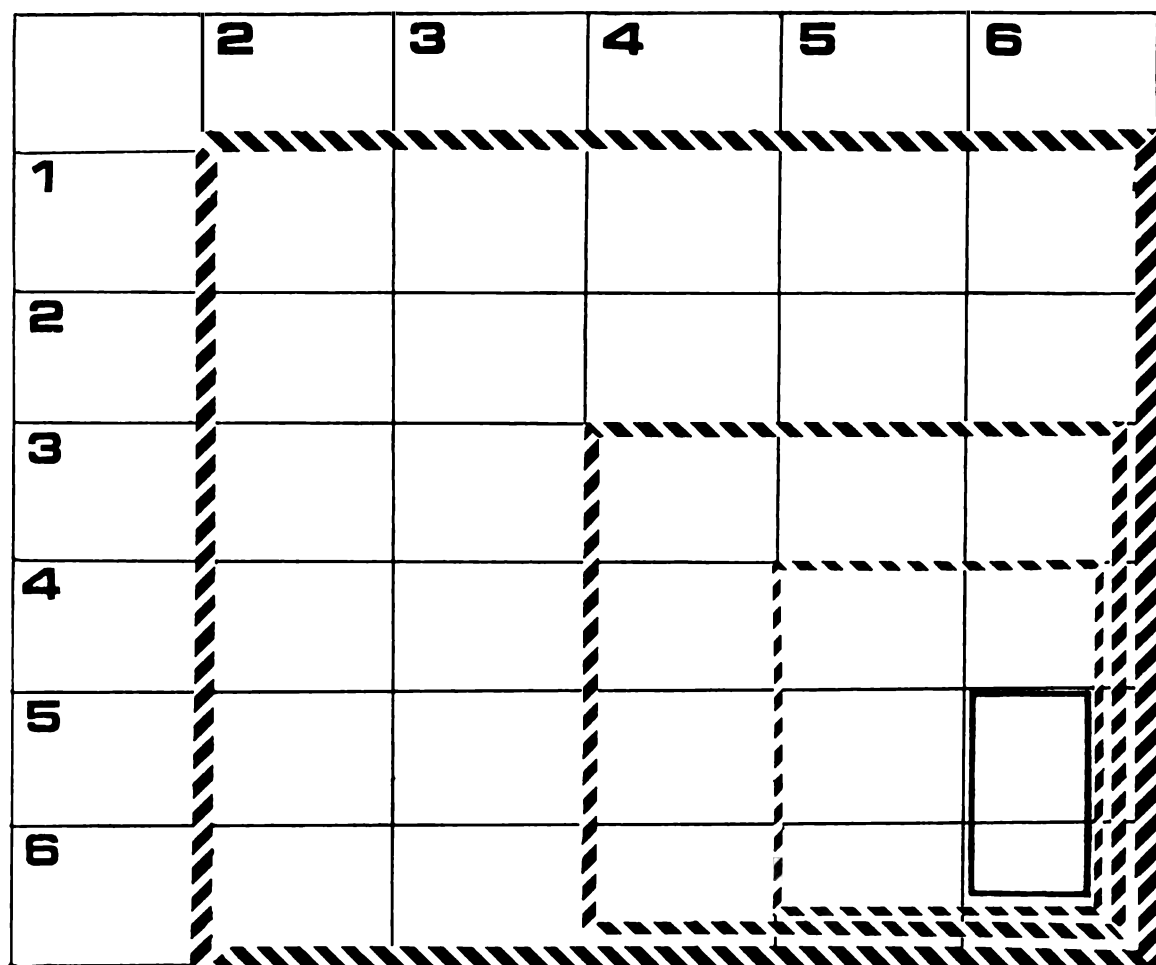
Интересен вопрос о месте традиционных методов проектирования в схеме "Дано — Требуется". По-видимому, они будут занимать только нижний правый ее угол (рис. 6.8).

Метод проб и ошибок, на котором основана эволюция кустарных промыслов, охватывает единственную клетку 5-6 и соперничает с новыми методами оценки, указанными в этой клетке. Попытки ремесленника совершать операции, описываемые в других клетках таблицы, остаются чисто умозрительными, не связанными с применением какого-либо объективного метода или орудия проектирования. Отсюда вытекает и неспособность ремесленника совершать даже небольшие скачки в проектировании, если только он не является высоко одаренной личностью. "Чертежный" способ проектирования занимает несколько больше места на схеме, но все же он охватывает лишь незначительную ее часть, а на остальной ее площади конструктор вынужден действовать "в уме", не имея методологии и орудий проектирования. Ясно, что методы, указанные в клетках 4-5 и 4-6, особенно метод, изложенный в разд. 11.3, который один занимает целую клетку 4-6, — это новые методы, вступающие в непосредственное соперничество с разработкой эскизов и изготовлением масштабных

чертежей. Эти методы, пожалуй, наиболее пригодны для применения в привычных ситуациях проектирования в стенах конструкторского бюро. Методы, указанные в остальных частях схемы "Дано – Требуется", можно рассматривать как формализацию тех мыслительных процессов, которые при традиционном проектировании обычно протекают в мозгу проектировщика. Их можно также считать средствами, которые дают проектировщику достаточное "поле представлений" для разработки не только изделий, но и систем. Как ясно из гл. 3, проектирование систем предполагает способность одновременно предвидеть и оценивать множество альтернативных вариантов изделия. Отсюда можно сде-

лать вывод, что методы, входящие на схеме в зону проектирования систем, дают разработчику систем возможность в каждый момент манипулировать большим числом альтернатив, чтобы таким образом порождать новые системы.

Наконец, нужно делать различие между проектированием систем и планированием научно-технического прогресса. Очевидно, для планирования научно-технического прогресса и для разработки систем, отвечающих нарождающимся новым, а не только уже существующим общественным формам, существенное значение имеют методы дивергенции и трансформации, занимающие на схеме верхнюю зону. Если такое толкование схемы правильно, можно сделать вы-



- ▤ Научно-технический прогресс или социально-технические нововведения
- ▥ Проектирование систем
- ▧ Чертежный способ проектирования
- ▨ Эволюция в кустарных промыслах

Рис. 6.8

вод, что проектировщики систем стараются найти *новое* множество изделий, удовлетворяющих потребностям *существующего* общества, тогда как те, кто планирует научно-технический прогресс, разрабатывают *новые* системы, которые обеспечивали бы возможность социального развития.

6.3. Примеры

Приведенные ниже примеры разработаны специально для того, чтобы продемонстрировать способы применения схемы "Дано – Требуется". В примере 1 рассматривается проектирование систем, в примере 2 подняты вопросы научно-технического прогресса. Оба примера показывают, что выбор стратегии – дело проектировщиков, а не специалистов по теории проектирования и что к приемлемому результату могут привести различные методы и стратегии. Назначение схемы сводится к тому, чтобы предотвратить выбор методов и стратегий, которые не позволяют получить искомую информацию или требуют таких исходных данных, каких нет в распоряжении проектировщиков.

Пример 1

З а д а н и е: Разработать автомобиль, которому легко найти место на стоянке.

Проектировщики понимают, что в этой задаче требуется создать изделие, лучше приспособленное к существующей системе уличного движения. Они делают вывод, что ее решение могут дать методы проектирования систем, приведенные в клетке 3-6. Однако, прежде чем использовать эти методы, им надо определить структуру задачи, а для этого они решают использовать мозговую атаку, поиск литературы и классификацию. Более подробно их стратегия будет такой:

1. В начале работы они ничего не знают о том, каким должен быть автомобиль, чтобы его легко было поставить на стоянку. Поэтому они прибегают к быстрому исследованию проектной ситуации (колонка 2) с помощью двух методов из клетки 1-2, а именно метода разд. 9.2 "Поиск литературы" и метода разд. 10.1

"Мозговая атака". Эти два метода используются параллельно.

2. Идеи, собранные во время мозговой атаки, и полезные данные, найденные в ходе поиска литературы, дают информацию, которая позволяет перейти к строке 2 схемы. Из клетки 2-3 проектировщики выбирают метод разд. 11.8 "Классификация", который дает целую иерархию альтернативных целей и решений, составляющих структуру задачи – искомое столбца 6.

3. Эта структура вводится в строку 3, а различные варианты конструкции в колонке 6 получают методом разд. 7.4 "Проектирование систем человек – машина".

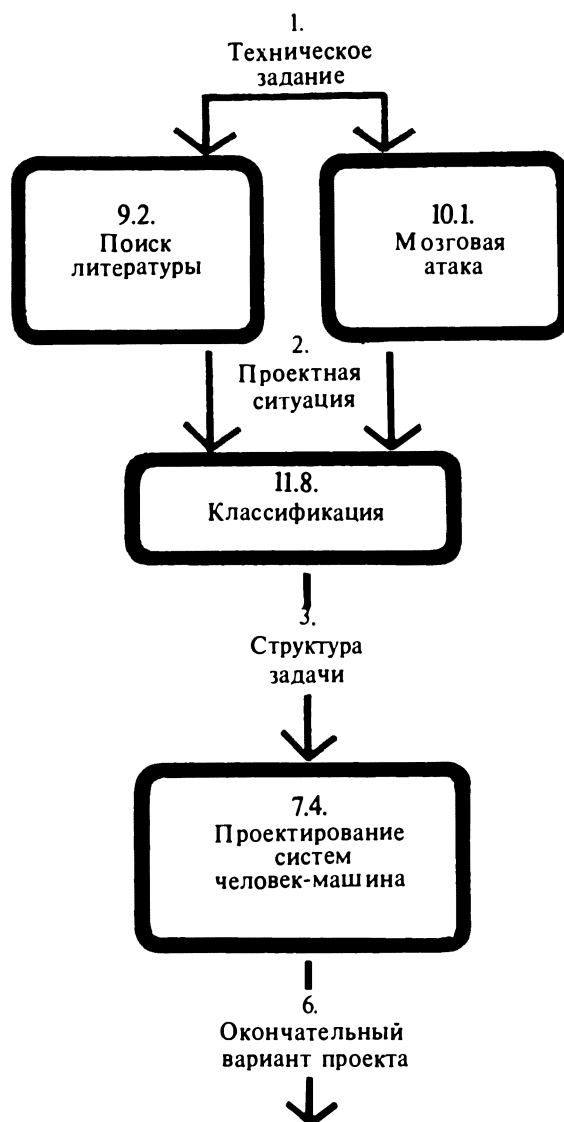


Рис. 6.9

Полная схема этой стратегии приведена на рис. 6.9.

Пример 2

З а д а н и е: Выбрать площадку для строительства второго аэропорта для крупного города. (Первый аэропорт уже перегружен.)

Группа планирования получает большое количество данных из предыдущих обследований общественного мнения по этому вопросу (эти данные соответствуют всем строкам схемы "Дано – Требуется"). Единственный бесспорный вывод из этой информации заключается в том, что ни одна из имеющихся площадок не удовлетворяет авиапассажиров, страдающее от шума самолетов население или агентство, финансирующее проект.

Проектировщики осознают, что эта задача затрагивает вопросы научно-технического прогресса и что отыскание площадки для второго аэропорта в лучшем случае даст лишь временное решение проблемы. Они решают воспользоваться параллельной стратегией, стремясь, во-первых, уменьшить перегрузку в ближайший период и, во-вторых, предотвратить тенденцию к еще большему возрастанию перегрузки в будущем. В поисках решения, обеспечивающего сглаживание существующих конфликтов в ближайшем будущем, они обращаются к клетке 4-6. Чтобы найти долгосрочное решение, они разыскивают средство преобразования поставленной задачи в клетке 4-3 (пересмотр задачи), а затем ведут поиск метода исследования преобразованной ситуации проектирования в клетке 3-2, где также осуществляется пересмотр задачи. На основе этих новых условий проектирования они рассчитывают еще раз изменить формулировку задачи таким образом, чтобы можно было выбрать в клетке 3-6 надежный метод конвергенции к решению долговременной задачи. Их стратегия складывается следующим образом:

1. Краткосрочная составляющая стратегии состоит из ввода информации о выявившемся конфликте интересов в строку 4, где в клетке 4-6 указан метод разд. 11.3 "Анализ взаимосвязанных об-

ластей решения", с помощью которого определяется площадка для аэропорта, вызывающая минимум возражений.

2. Долгосрочная ветвь начинается с ввода тех же данных в строку 4, где в клетке 4-3 выбирается метод разд. 11.4 "Трансформация системы". Полученная при этом новая структура задачи используется в качестве исходной для метода разд. 9.7 "Системные испытания" (клетка 3-2) для выявления новых или уменьшения старых препятствий с целью "обращения" тенденции перегрузки аэропорта. Результаты такого исследования еще не существующих условий проектирования вводятся в метод разд. 9.1 "Формулирование задач" (клетка 2-3) для разработки новой структуры задачи, которая в свою очередь вводится в метод 1.3 "Системотехника" (клетка 3-6), чтобы на ее основе получить окончательное решение долгосрочной задачи. Полная схема стратегии приведена на рис. 6.10.

Эти два гипотетических примера приведены только для того, чтобы показать, как пользоваться схемой, и объяснить, что означает термин "стратегия проектирования". Каждую из этих двух задач проектирования можно решить с помощью различных стратегий; на рис. 6.9 и 6.10 приведено лишь по одному из многих вариантов. Чтобы вынести суждение о возможности усовершенствования этих стратегий, необходимо иметь гораздо более подробные сведения о проектной ситуации, а также о способностях и склонностях проектировщиков. Важно, однако, чтобы обе эти (или любые другие) стратегии состояли из методов, совместимых друг с другом, с целями проектирования, имеющимися данными, наличными ресурсами, а также со способностями и склонностями проектировщиков. Формализованное изображение возможных стратегий дает огромное преимущество, поскольку позволяет каждому, кто собирается применить такую стратегию, принять участие в выборе методов и ясно осознать свою роль в совместных усилиях. Благодаря этому весь арсенал умственных способностей каждого члена бригады проектировщиков может быть направлен на этот важнейший аспект проектирования.



Рис. 6.10

Часть II

Методы проектирования в действии

Введение

Ниже описано 35 методов, заимствованных из литературы или взятых из личного опыта автора. Их отбор производился на основе следующих критериев.

1. **Э ф ф е к т и в н о с т ь.** Метод отбирался для включения в книгу, если можно было рассчитывать, что с его помощью проектировщики и организаторы смогут получить более ценные результаты, чем на основе традиционных методов и здравого смысла. При этом предполагалось, что проектировщики сталкиваются с непривычной проблемой, в той или иной мере требующей новаторства.

2. **С о о т в е т с т в и е.** Методы, относящиеся к одному из трех видов деятельности проектировщика (дивергенции, трансформации, конвергенции), включались в книгу даже в тех случаях, когда их обычно не принято считать методами собственно проектирования. Примерами могут служить методы, изложенные в разд. 7.2, 9.2, 9.5, 9.8.

3. **У д о б с т в о.** В книгу включались методы, описание которых трудно найти в литературе, а также изложенные недостаточно понятно или опубликованные в редких изданиях. К ним, например, относятся методы, изложенные в разд. 7.4, 7.6, 12.5.

4. **И з в е с т н о с т ь.** Многие методы, достаточно эффективные и соответствующие задачам проектирования, не были включены в книгу, если автор сам недостаточно был знаком с ними, в то время как их описание легко найти в распространенных учебниках. Таковы, например методы исследования операций, исследования рынка, научно-технического прогнозирования, организации производства, применения вычислительной техники, статистических решений и моделирования. Конечно, все эти методы относятся к проблемам управления и сбыта в не меньшей степени, чем к проектированию, но, как ясно из гл. 1 и 5, в наше время все более бессмысленным становится отрыв друг от друга различных аспектов общей проблемы создания искусственной среды.

5. **К р и т и к а.** Некоторые хорошо известные методы включены в книгу пото-

му, что они уязвимы для критики, о чем энтузиасты новых методов проектирования не всегда достаточно осведомлены. К этой категории относятся методы, содержащиеся в разд. 7.1, 11.7, 12.3. Каждый из этих методов на первый взгляд позволяет преодолеть все трудности проектирования, но на самом деле имеет ряд серьезных недостатков.

Несмотря на такое стремление автора к объективности, при отборе и изложении методов в ч. II не могли не сказаться его индивидуальный опыт и собственные ему ограничения. Методы, которые автору хорошо известны и представляются вполне надежными, получили преимущественное освещение. Те же методы, которыми автору не приходилось пользоваться на практике, либо вовсе опущены, либо описаны более бегло. Когда пишешь учебник, трудно определить, где надо остановиться: должен ли читатель получить исчерпывающее описание всей темы, даже если она частично выходит за рамки компетентности автора, или же лучше ограничить книгу тем материалом, который хорошо знаком автору на основе собственного опыта. В данном случае отсутствие сопоставимых учебников могло бы привести к тому, что автор попытался бы объять необъятное; наверное, некоторые методы, особенно связанные с применением математического аппарата, изложены в книге слишком схематично.

Каждый метод иллюстрируется одним или несколькими примерами. Некоторые из них тривиальны или до предела упрощены, чтобы яснее выявить суть разбираемого метода. В результате у читателя может возникнуть ложное впечатление, что какого-то метода самого по себе достаточно для решения определенной задачи проектирования, хотя на самом деле данный метод образует лишь одно из звеньев, из которых складывается полная стратегия. Так, знакомясь с методом разд. 7.5 "Поиск границ" и встретив там пример с проектированием классной доски, читатель, может быть, пожелает узнать, почему в первую очередь было решено использовать классную доску, а не какое-то иное устройство, скажем кинопроектор или замкнутую систему телевидения. Ответом на вопрос практически могло бы служить

то обстоятельство, что этому методу предшествовало применение метода более высокого уровня, такого, как "Формулирование задач" (разд. 9.1) или "Интервьюирование потребителей" (разд. 9.4). Читатели, которые захотели бы использовать этот обзор методов как практическое руководство, должны учитывать, что существование новых методов не уменьшает, а увеличивает трудность выбора следующего этапа работы и требует от проектировщика постоянной готовности объяснить причины, по которым он выбрал данный метод или данные методы.

Литература по этому вопросу весьма разнородна, написана трудным языком и очень велика по объему, что затрудняет сравнение одного метода с другими. Поэтому каждый описываемый здесь метод приведен к стандартной форме и изложен по следующему плану:

Название. Многие методы приводятся под теми названиями, которые были им присвоены их авторами. Если же такого названия не существует или оно не соответствует содержанию метода, автор сам дает методу название.

Цель — предложение, описывающее желаемые результаты применения данного метода.

План действий — краткий перечень действий, которые должен выполнить проектировщик при применении данного метода. Возможно, при первом чтении этот перечень будет непонятен, поскольку он изложен очень абстрактно, однако он должен стать понятным после ознакомления со следующими за ним примерами.

Примеры. По возможности, примеры заимствовались из работ теоретиков проектирования и из опыта автора книги. Если практические примеры отсутствуют, их приходилось придумывать, чтобы проиллюстрировать каждое действие проектировщика. Читателей, которым знакома лишь одна конкретная область проектирования, например архитектура или конструирование машин, возможно, смутит тот факт, что многие примеры взяты из

неизвестных им областей. Таким читателям можно посоветовать при рассмотрении примера все время представлять себе свою собственную область деятельности. Тогда им, наверное, удастся обнаружить, что рассматриваемые принципы можно применить и к решению знакомых им задач.

Замечания содержат краткую оценку эффективности и полезности метода с указанием на допущения, лежащие в основе метода, и трудности, которые могут встретиться на практике.

Применение. Указываются те типы ситуаций, в которых метод может оказаться полезным.

Обучение. Оценка затрат времени на теоретическое и практическое обучение методу, которое позволит успешно применять его.

Стоимость и время. Оценка затрат календарного времени и (или) трудоемкости применения метода.

Библиография. Указываются авторы оригинальных работ и других изданий, в которых изложен этот метод. Полное описание всех публикаций приводится в списке литературы, помещенном в конце книги.

Как видно из оглавления, ч. II подразделяется на главы, в каждой из которых собраны сходные методы. Каждая глава приблизительно соответствует трем категориям — дивергенции, трансформации и конвергенции, — которые рассматриваются в гл. 5. Можно заметить, что методы каждой главы ч. II оказываются расположенными в таблице "Дано — Требуется" (табл. 6.1) в тесном соседстве. Читатели, которые ищут методы для решения конкретной задачи проектирования, должны прежде всего прочитать гл. 5 и 6. Затем им следует изучить оглавление и вводную страницу в начале каждой главы ч. II. Эти введения содержат перечни методов с указанием их целей, что легко позволяет установить различие между методами, приведенными в одной и той же клетке таблицы "Дано — Требуется".

Метод

7.1. Упорядоченный поиск (применение теории решений)

7.2. Стоимостный анализ

7.3. Системотехника

7.4. Проектирование систем человек — машина

7.5. Поиск границ

7.6. Кумулятивная стратегия Пейджа

7.7. Стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов (CASA)

Цель

Решить задачи проектирования с логической достоверностью

Ускорить поиск путей снижения себестоимости изделия в проектных и производственных организациях

Добиться внутренней совместимости между элементами системы и внешней совместимости между системой и окружающей средой

Добиться внутренней согласованности между человеческим и машинным компонентами в системе и внешней согласованности между системой и средой, в которой она функционирует

Найти пределы, в которых лежат приемлемые решения

Увеличить затраты усилий проектировщиков на *анализ* и *оценку* (оба эти процесса носят кумулятивный и конвергентный характер) и уменьшить затраты некумулятивных усилий на *синтез* решений, которые могут оказаться непригодными, т. е. исключить необходимость разрабатывать плохие проекты, чтобы научиться создавать хорошие

Дать возможность каждому, кто связан с проектированием здания, влиять на решения, от которых зависят как "адаптивность" здания, так и взаимная увязка его частей и деталей

Глава 7

Готовые стратегии (конвергенция)

7.1. Упорядоченный поиск (применение теории решений)

Цель

Решить задачу проектирования с логической достоверностью.

План действий

1. Выявить компоненты задачи:

а) переменные, которыми проектировщик может распоряжаться по своему усмотрению (факторы решения, или параметры проектирования);

б) переменные, которые не зависят от воли проектировщика (факторы окружающей среды, или независимые переменные);

в) переменные, которые должны определяться проектом (цели, или зависимые переменные);

г) назначить целям веса в соответствии с их относительной важностью (см. разд. 12.3 "Ранжирование и взвешивание").

2. Выявить зависимости между переменными.

3. Прогнозировать вероятные значения факторов окружающей среды.

4. Выявить ограничения, или граничные условия, т.е. предельные значения всех переменных.

5. Присвоить числовые значения каждому из факторов решения (т.е. проверить ряд вариантов решения проекта) и вычислить значения зависимых переменных (т.е. рассчитать получаемые при этом технические характеристики изделия).

6. Выбрать такие значения факторов решения, при которых достигается наибольшая сумма числовых значений для всех целей с учетом их весов (т.е. оптимальный вариант проекта) или по крайней мере достигается приемлемое значение для каждой цели.

Пример

Этот пример заимствован (с некоторыми изменениями) из отчета Левина [45, 46], в котором описана стратегия, избранная градостроителями при разработке проекта развития поселка Стивенейдж. Пример поясняет терминологию теории решений (использованной нами при изложении "Плана действий"), но не раскрывает методику упорядоченного поиска оптимального проектного решения. На самом деле градостроители следовали традиционной методике: сбор данных, вычерчивание планов, их критическое обсуждение и внесение в планы коррективов до тех пор, пока не будут достигнуты удовлетворительные результаты. Примеры

Объекты выбора

Число мест

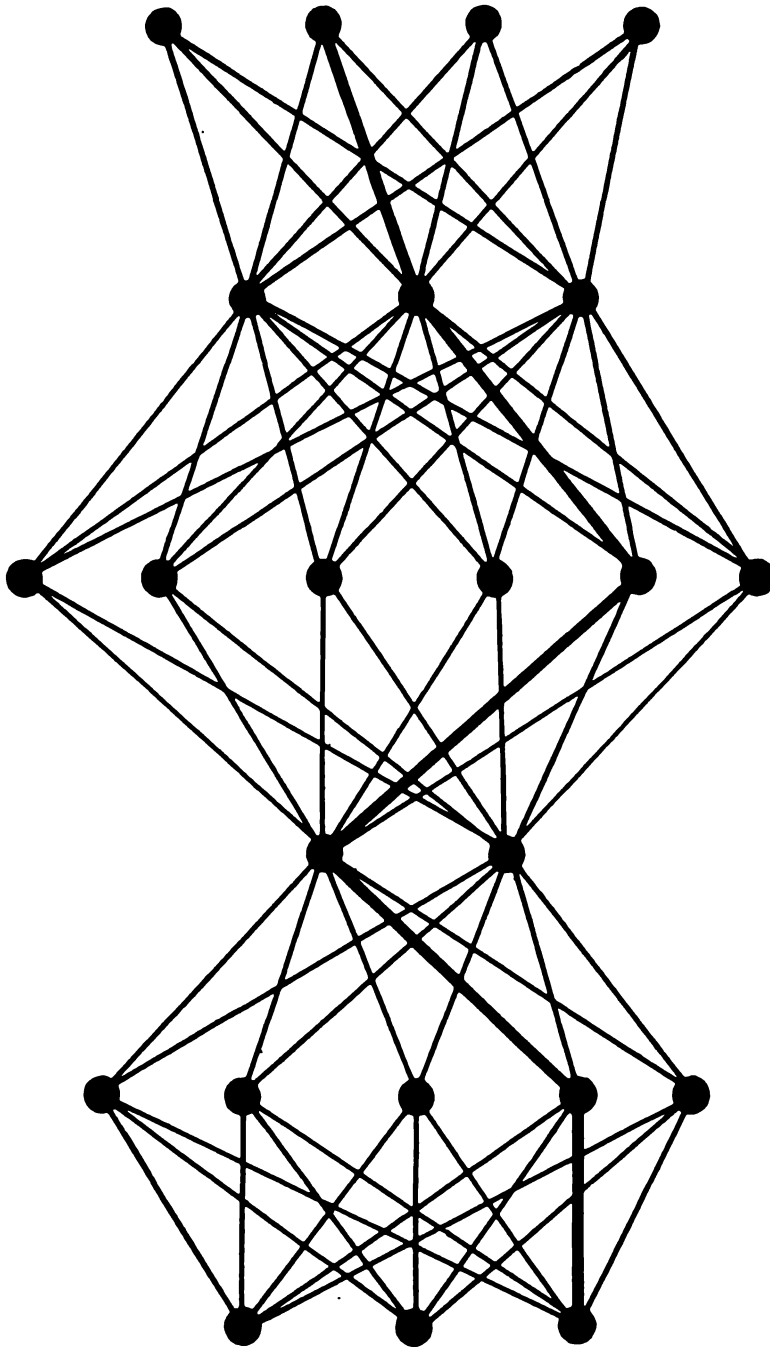
Тип двигателя

Размещение кресел

Количество этажей

Система сбора
платы за проезд

Сфера применения



Дерево решений при
конструировании автобуса.
Каждая точка, или объект выбора,
соответствует одному или
нескольким значениям какого-либо
фактора решения. Всего имеется
2160 возможных вариантов выбора
проекта; жирной линией показан
выбранный проект.

автоматического выполнения упорядоченного поиска с применением ЦВМ приведены в работе Партона [47]. Приложение теории решений к задачам проектирования описано Старром [48] и Уотсом [33]. Арчер [5, 32] также дает примеры стратегии упорядоченного поиска в приложении к проектированию. Ниже приводится упрощенное изложение описания стратегии градостроителей по Левину.

1а. Выявить переменные, которыми проектировщик может распоряжаться по своему усмотрению (факторы решения, или параметры проектирования).

Здесь речь идет о таких переменных, как необходимая для расширения поселка площадь и ее расположение на местности.

1б. Выявить переменные, которые не зависят от воли проектировщика (факторы окружающей среды, или независимые переменные).

Сюда входят такие переменные, как потребность в жилой площади в существующем поселке и возникающие в нем транспортные потоки.

1в. Выявить переменные, которые должны определяться проектом (цели, или зависимые переменные).

В данном случае основной переменной этого рода являлось количество жителей, которых удастся дополнительно расселить. Кроме того, сюда относятся плотность населения в городе после его расширения и степень вторжения в зеленую зону.

1г. Назначить целям веса в соответствии с их относительной важностью.

Левин сообщает о попытках оценить относительную важность таких целей, как сохранение зеленой зоны и обеспечение удобного сообщения в городе после его расширения, но не описывает формального процесса присвоения целям весов по методу "Ранжирование и взвешивание" (разд. 12.3), а без взвешивания всех целей по единому критерию математическая оптимизация невозможна.

2. Выявить зависимости между переменными.

Переменные внутри каждого класса и между классами связаны сетью зависимостей. Небольшой участок этой сети показан на рис. 7.1.

Имеются следующие зависимости между переменными:

ПЕРЕМЕННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ

$$\left. \begin{array}{l} P - \text{прирост населения} \\ d - \text{допустимая плотность} \\ A - \text{полная площадь} \\ a_1 - \text{исходная площадь} \\ a_2 - \text{прирост площади} \end{array} \right\} \dots P = dA$$

$$\left. \begin{array}{l} A - \text{полная площадь} \\ a_1 - \text{исходная площадь} \\ a_2 - \text{прирост площади} \end{array} \right\} \dots A = a_1 + a_2$$

3. Прогнозировать вероятные значения факторов окружающей среды.

Произведена экстраполяция кривых роста (например, для прогнозирования количества легковых автомобилей у населения на 2010 г.) и сделаны определенные предположения об отношении населения к различным факторам (в частности, к размерам семьи и к скученности), влияющим на будущую плотность населения.

4. Выявить ограничения, или граничные условия, т.е. предельные значения всех переменных.

Возможности развития поселка были ограничены такими факторами, как требование максимального сохранения зеленой зоны и наличие земельных участков, непригодных для жилой застройки.

5. Присвоить числовые значения каждому из факторов решения (т.е. проверить ряд вариантов решения проекта) и вычислить значения зависимых переменных (т.е. рассчитать получаемые при этом технические характеристики изделия).

Левин сравнивает фактические действия градостроителей на этом этапе с прокладыванием ветвящихся траекторий в большой сети зависимостей типа изображенной на рис. 7.1. Он указывает, что на практике этот этап может быть "обращен", т.е., исходя из заданных значений зависимых переменных, можно по ним вычислять значения факторов решения.

В данном случае Левин указывает, что градостроители вначале задались значениями P и d , а по ним рассчитали предварительное значение A . Затем, исходя из полученного числа и известной величины a_1 , вычислялась переменная a_2 , т.е. необходимое расширение земельной площади. В дальнейшем проектировщики обнаружили, что найти дополнительную площадь размером a_2 не удастся; поэтому они прошли по сети в обратном направлении, чтобы рассчитать максимально допустимое количество населения $P_{\text{макс}}$. Левин указывает, что проектировщики часто в состоянии выявить и исследовать лишь небольшой участок сложной сети принятия решения. Ввиду трудности взаимного согласования различных пе-

между теорией и практикой, Левин вводит два новых этапа. Первый он назвал "Исследование соответствия между величинами, зависимостями и ограничениями", а второй – "Сравнение нескольких наборов значений параметров и выбор одного из них". Два других специалиста по теории решений, Арчер [5] и Уоттс [33] также были вынуждены ввести дополнительные этапы, позволяющие проектировщику избежать многократных проходов по всей сети в поисках такого набора значений, который был бы достаточно непротиворечивым и наилучшим из всех выявленных при поиске.

Упростить задачу можно одним из следующих способов:

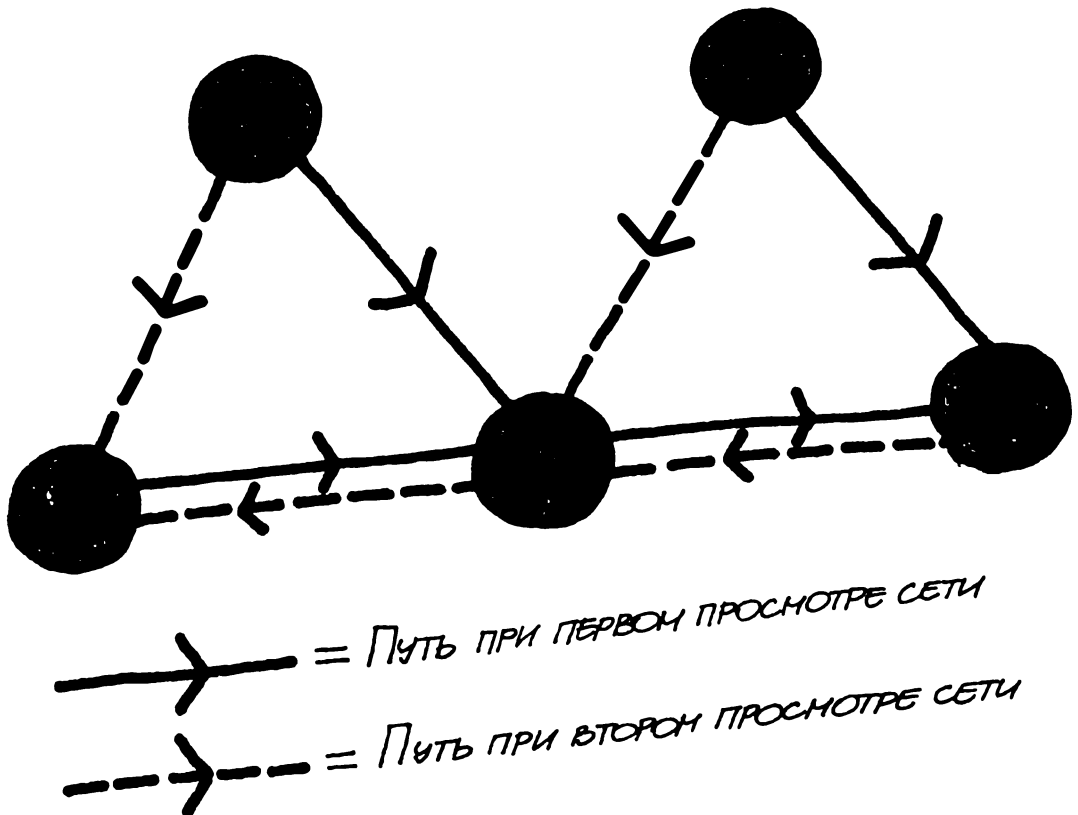


Рис. 7.1.

ременных они вместо наилучшего решения, предусмотренного этапом 6 настоящего "Плана действий", вынуждены искать хотя бы приемлемое решение.

Чтобы исключить такое расхождение

а) пренебречь теми переменными, которые предположительно не будут иметь решающего значения;

б) объединить несколько переменных в

единую подсеть, придать им постоянные значения, а затем подставить эти значения в общую сеть;

в) провести расчет только по важнейшим переменным, а затем определить значения второстепенных функций по найденным величинам основных переменных, что позволит избежать крупных неувязок;

г) повторно проходить всю сеть до тех пор, пока не будут устранены неувязки, возникшие при выполнении операций "а", "б" и "в". Метод точного выполнения этой операции, предложенный Арчером [5, 32], оказывается слишком медленным, дорогостоящим и утомительным для большинства задач проектирования.

Левин замечает, что традиционный способ поочередного решения подпроблем задачи (способ "б") требует намного меньше времени, чем систематический поиск. При поиске оптимального набора промежуточных решений в сети, состоящей из десяти подсетей с десятью возможными промежуточными решениями в каждой, необходимо провести сравнение десяти миллиардов (10^{10}) наборов значений. Если же сначала найти оптимальное подрешение для каждой подсети, достаточно провести десятикратный выбор (один для каждой подсети) среди десяти подрешений, т.е. выполнить всего сто сравнений (см. гл. 3). Однако за такое сокращение объема работы приходится расплачиваться тем, что решение основывается на неполной информации. При этом существует опасность не заметить благоприятные комбинации подрешений, например в тех случаях, когда их недостатки взаимно уничтожаются, и остановиться на одной из неблагоприятных комбинаций. Неблагоприятные комбинации выявляются и устраняются только за счет трудоемких повторных проходов через расчлененную сеть; наиболее же благоприятные комбинации будут утеряны навсегда.

Сокращения поиска можно добиться с помощью других методов, описанных в этой книге, причем необходимость повторного прохождения через сеть становится менее вероятной. Методы эти таковы:

д) определить диапазон приемлемых значений каждой переменной, а затем отыскать такие значения, в которых эти диапазоны перекрываются (метод, изложенный в разд. 7.5 "Поиск границ");

е) прежде чем выбрать подрешение для каждой подсети, проверить его совместимость с подрешениями для других подсетей (метод, изложенный в разд. 11.3 "Анализ взаимосвязанных областей решения");

ж) детализировать сеть, с тем чтобы выявить причины неувязок, после чего рассматривать лишь те пути, которые позволяют избежать конфликтов (метод разд. 11.5 "Проектирование нововведений путем смещения границ");

з) сократить сеть, опустив в ней некоторые цели или ограничения (метод разд. 9.1 "Формулирование задач").

Методы "ж" и "з" иногда требуют изменения объема задачи и, следовательно, означают попытку использовать наряду с техническими также социальные средства решения, например агитацию среди населения за большую терпимость к шуму самолетов.

6. Выбрать такие значения факторов решения, при которых достигается наибольшая сумма числовых значений для всех целей с учетом их весов (т.е. оптимальный вариант проекта) или по крайней мере достигается приемлемое значение для каждой цели.

Элементарный пример выполнения этого этапа приведен в методе разд. 12.3 "Ранжирование и взвешивание". Старр [48] и Кофман [49] приводят гораздо более сложные примеры, в которых широко используются различные математические методы; пожалуй, наиболее известными из них являются линейное программирование, динамическое программирование, теория игр и оптимизация.

Замечания

Цель упорядоченного поиска состоит в том, чтобы исключить возможность произвольного выбора и определить логи-

ческий путь, ведущий от исходных допущений к оптимальному или хотя бы "приемлемому" решению, которое не нарушало бы принятых ограничений и зависимостей. Это удастся сделать, если:

- а) *возможно* определение переменных (т.е. можно представить себе структуру задачи);
- б) структура задачи сама по себе *стабильна* (т.е. ее не придется пересматривать в результате внезапного "озарения" или после того, как в процессе проектирования будет получена новая информация);
- в) переменные настолько конкретны, что поддаются *измерению*;
- г) имеются *технические возможности* и *время* для проведения поиска очень большого объема, например с использованием ЦВМ.

К решению вручную задач проектирования методом упорядоченного, или систематического, поиска ближе всего подошел Арчер [5]. Он разработал универсальную поисковую сеть из 229 ступеней с несколькими контурами обратной связи. По всей видимости, ручные методы упорядоченного поиска не получают широкого распространения: этот процесс очень утомителен и к тому же полностью игнорирует сугубо человеческую способность проектировщика совершенно неосознанно находить короткие пути через сеть. Метод упорядоченного поиска с успехом применялся для автоматического решения задач проектирования на ЦВМ. При этом можно удовлетворить условиям "а" — "г". Иногда систематический поиск вручную дает результаты такой точности, которую невозможно получить путем интуитивного поиска; например, систематический поиск своевременно выявил бы опасность взрыва газа, вызвавшего в 1968 г. катастрофические разрушения многоэтажных жилых домов в английском городе Ронан-Пойнт.

Левин не делает попытки практически применить свой метод упорядоченного поиска. Он удовлетворяется тем, что пользуется такими терминами, как "переменная" и "ограничение", чтобы выбраться из языковой неразберихи, кото-

рая большинству проектировщиков представляется почти неустранимой. Нет сомнения, что лаконичная запись с помощью математических символов очень облегчает восприятие и понимание сложных вопросов проектирования.

Бир [35] объясняет причины неудач в применении системного подхода к управленческой деятельности. Его аргументы сводятся к следующему:

- а) Может оказаться, что переменные, ограничения и зависимости, определенные в начале работ, изменятся под влиянием позднее принятых решений. Так, количество и виды автомобилей, которые пойдут по новой дороге, будут зависеть от предусмотренной проектировщиком ширины этой дороги. Метод же упорядоченного поиска не допускает, чтобы те переменные, которые с самого начала были признаны независимыми, впоследствии оказывались функциями каких-то других переменных.

- б) Исходить из того, что ограничения всегда независимы от принимаемых решений, значит лишать проектировщика свободы выбора и утверждать, что будущее познаваемо в деталях и неизменно (и, кстати, что ни открытия, ни политические решения невозможны). Решения администрации и проектировщиков часто (хотя и не всегда) направлены на то, чтобы раздвинуть пределы ограничений и тем самым открыть новые возможности.

- в) Определение весов целей на основе субъективных суждений произвольным образом сужает как область поиска, так и масштабы будущей деятельности. Это объясняется тем, что относительная ценность двух целей для каждого человека зависит от того, в какой мере для него каждая из этих целей достигнута. Левин приводит такой пример, указывая, что иметь школу в радиусе 800 м от дома *более* важно, чем иметь магазины в пределах того же радиуса, но зато иметь школу в радиусе 400 м *менее* важно, чем иметь магазины в радиусе 1600 м. Если же попытаться учесть также и такие дополнительные факторы, как наличие транспорта для детей и для взрослых, имеющийся в магазинах выбор товаров и т.п., то относительная значимость це-

лей будет в еще большей степени определяться обстоятельствами. Трудности математической обработки всех этих условий и неопределенностей могут оказаться непреодолимыми.

Тем не менее методом упорядоченного поиска с применением исследования операций удалось решить множество трудных технических задач. Значит ли это, что критика неосновательна? Чтобы разобраться в этом вопросе, отметим, что проектирование бывает двух видов. В обоих случаях это сложный процесс, но лишь в одном из них ситуация достаточно устойчива, чтобы можно было пользоваться теорией принятия решений и другими детерминистскими методами. Назовем эти две ситуации "оборонительной" и "наступательной". Примером проектировщика "оборонительного" типа может служить первобытный человек, который старается найти способ сооружения навеса, чтобы укрыться от дождя. Он стремится создать *стабильность* в зоне своего жилья. Поскольку его цель уменьшить, а не увеличить количество изменений в мире (оказывающем на него влияние), он может исходить из того, что, какое бы решение он ни принял относительно формы и размеров навеса, его исходные предположения о природе от этого не изменятся. Если бы он с самого начала обладал достаточными знаниями и имел под рукой вычислительную машину, он мог бы уверенно поручить решение таких вопросов, как выбор угла наклона крыши, автоматическому устройству, которое исходило бы при этом из заданной ситуации.

Проектировщик второго типа, проектируя дорогу, предпринимает наступление на мир, в котором он (или его заказчик) живет. Появление новой дороги создаст *нестабильное положение*, поскольку оно повлияет на интенсивность движения между двумя пунктами. Цель проектирования — нарушить стабильность в мире, который воздействует на потребителя разрабатываемого проекта. Поэтому с самого начала своей работы проектировщик должен иметь точные сведения о том, как будет меняться характер движения по планируемой дороге в зависимости от ее длины, ширины и маршрута, определяемых в процессе раз-

работки. Чтобы рассчитать эту задачу автоматически, нужно иметь модель, которая описывала бы реакцию населения на новую дорогу. Мы, однако, еще далеки от достаточно полного понимания мотивов поведения людей и не можем строить математические модели, способные предсказывать реакцию общества на серьезные изменения в окружающей среде. Может быть, такие предсказания вообще невозможны. Конечно, в ходе проектирования встретится множество второстепенных вопросов (например, прокладка трассы, соответствующей минимальному объему земляных работ), которые можно решить, не прибегая к произвольным допущениям, но предварительно нужно найти решение основных проблем, определить напряженность движения каким-либо способом, более динамичным, чем упорядоченный поиск.

Противопоставление "оборонительного" проектирования "наступательному" можно выразить и иначе: успешное применение методики упорядоченного поиска зависит от того, поддаются ли локализации последствия принимаемых решений; если эти последствия слишком неопределенны и их не удастся предсказать до того, как приняты окончательные решения, нужно пользоваться другими способами проектирования.

Применение

Метод упорядоченного поиска применим только при решении таких задач проектирования, в которых ход решения не может изменить исходных предположений, основные факторы четко определены, структура задачи устойчива, а оригинальность проекта не является целью.

Левин высказывает мнение, что применимость этой методики зависит от того, насколько четко определена граница между проектируемым объектом и окружающей его средой. При проектировании города эта граница настолько размыта, что приходится рассматривать физический микроклимат, экономический "климат", население и сам город как одну огромную, но слитную систему. Совсем другое дело — разработка наручных часов.

Возможности применения метода

упорядоченного поиска рассмотрены в разд. 4.2, а также в гл. 5.

Обучение

Чтобы пользоваться методом упорядоченного, или систематического, поиска, необходима значительная математическая подготовка. Кроме того, нужно быть знакомым с теорией систем (см. метод разд. 9.7 "Системные испытания"), чтобы не применять этот метод там, где он непригоден.

Стоимость и время

Если не применять ЭВМ, то из-за больших затрат времени упорядоченный поиск может оказаться неприемлемым. Иногда, когда есть опасность не заметить какие-то мелкие, но очень важные вопросы, как в приведенном выше примере с многоэтажными домами в г. Ронан-Пойнте, систематический поиск становится обязательным.

Библиография

Арчер [5, 32], Бир [35], Кофман [49], Левин [45, 46], Партон [47], Старр [48], Уотс [33].

7.2. Стоимостный анализ

Цель

Ускорить поиск путей снижения себестоимости изделия в проектных и производственных организациях.

План действий

1. Назначить консультанта или группу консультантов для обучения комплексных бригад методу стоимостного анализа и для контролирования их деятельности.
2. Установить определенные стандарты технических характеристик и качества изделия.
3. Составить подробную калькуляцию себестоимости всех технологических опе-

раций и расходов на приобретение материалов и комплектующих изделий.

4. Предложить каждой комплексной бригаде выполнить по каждой детали изделия следующие четыре этапа стоимостного анализа:

- а) *идентификацию* элементов, функций, стоимостей и цен;
- б) *поиск* более дешевых альтернатив;
- в) *отбор* функционально приемлемых элементов более низкой стоимости;
- г) *оформление* выбранного варианта изменения конструкции.

5. До того как приступить к производству изделия пониженной себестоимости, представить результаты стоимостного анализа на одобрение:

- а) консультантам по стоимостному анализу;
- б) конструкторскому бюро;
- в) администрации.

Изменение конструкции ракетного двигателя, выполненное фирмой "Тиокол кемикл", г. Денвилл, шт. Нью-Джерси, США. (Рис. 7.2. Все данные и иллюстрации в этом разделе воспроизводятся с разрешения Института инженеров-механиков и автора проекта [50].)

Пример

1. Назначить консультанта или группу консультантов для обучения комплексных бригад методу стоимостного анализа и для контролирования их деятельности.

Чтобы не вступать в конфликт с действующими функциональными группами, на централизованную службу стоимостного анализа лучше всего возложить ограниченный круг задач: организацию обучения методам составления стандартов, исполнение председательских обязанностей в комплексных бригадах и установление единой методики исчисления стоимостей и оформления предложений по результатам стоимостного анализа. Консультант

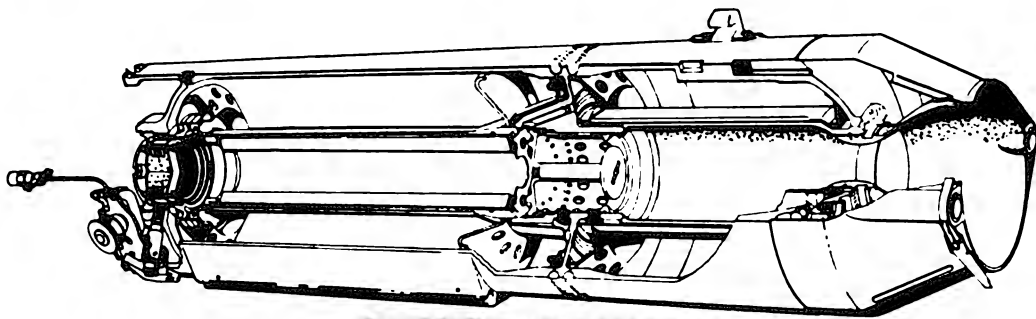


Рис. 7.2. Двухтактный
бензиновый двигатель "Two-Stroke"

или группа консультантов) не должен сам браться за стоимостный анализ, поскольку этот метод основан на сочетании *нового метаязыка с накопленным опытом функциональных служб*. Консультант по стоимостному анализу располагает только первым из этих компонентов. В распоряжении же комплексной бригады имеется весь объем информации, необходимой для снижения себестоимости, так как эта бригада состоит из представителей службы снабжения, конструкторского и технологического бюро, службы управления производством, службы управления качеством, бухгалтерии, отдела калькуляции расходов, отдела контрактов и т.д., и все эти люди усвоили метаязык стоимостного анализа, сохранив свои специальные знания и опыт.

2. Установить определенные стандарты технических характеристик и качества изделия.

Каждый стандарт должен начинаться с простого изложения функции изделия, например: "Устройство, предотвращающее попадание твердых частиц в отверстие воспламенителя". Это положение можно раскрыть подробным перечислением требований к техническим характеристикам детали (или узла) и ограничений, налагаемых ее конструкцией. Изложение *функции* нужно формулировать однозначно, чтобы не оставлять места сомнениям относительно основного назначения данного устройства.

3. Составить подробную калькуляцию себестоимости всех технологических операций и расходов на приобретение материалов и комплектующих изделий.

Группа стоимостного анализа должна

разработать стандартные формы регистрации расходов на производство и закупки. Здесь важно установить точность и степень детализации, чтобы погрешность итоговой калькуляции была на порядок величины меньше, чем предполагаемый объем снижения себестоимости. Цену дешевых изделий, например крепежных деталей, которые требуются в больших количествах, нужно калькулировать очень тщательно, поскольку небольшая разница в цене отдельной детали может дать весьма значительную общую экономию. Нельзя забывать и о затратах на внедрение изменений. Сюда войдут расходы на переделку чертежей, создание новой оснастки, приобретение нового оборудования, реконструкцию предприятия, изменение технологического процесса и т.д.

4. Предложить каждой комплексной бригаде выполнить по каждой детали изделия четыре этапа стоимостного анализа.

Каждая бригада отвечает за одно или несколько изделий и заносит свои выводы в документы стандартной формы. Из приведенной на рис. 7.3 схемы видно, что на каждом этапе осуществляются как технические, так и стоимостные мероприятия. Эта методика аналогична некоторым другим упорядоченным методам проектирования в том отношении, что она предполагает вначале определение функций, а затем широкий поиск альтернативных способов выполнения каждой функции, после чего вся разветвленная сеть сводится к одному конкретному комплексу частных решений. Она отличается от обычного проектирования тем, что с самого начала ставится вопрос об отношении "ценности" к затратам для каж-

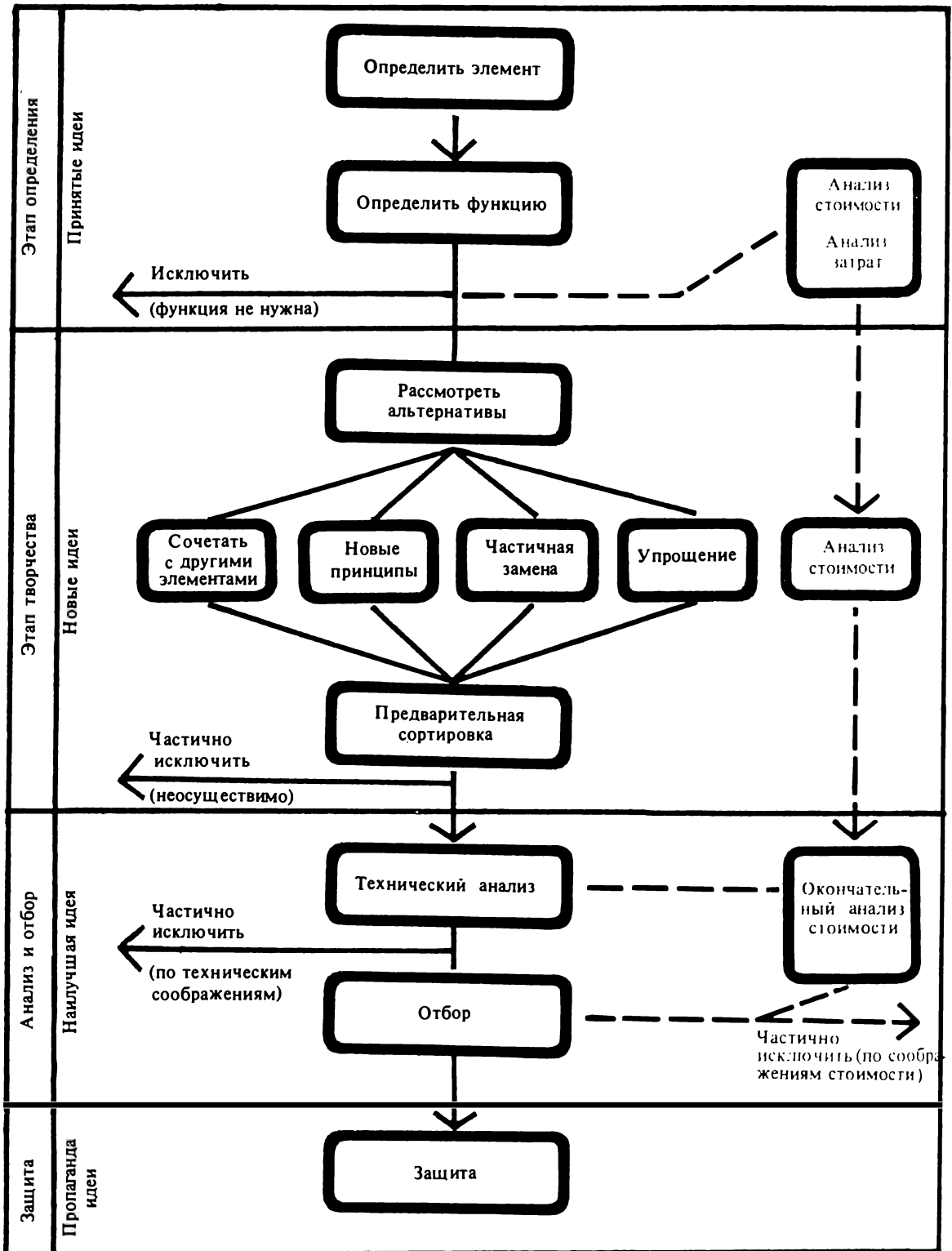


Рис. 7.3

дой части конструкции. "Ценность" определяется следующим образом.

Определение "ценности"

Майлз [51], автор метода стоимостного анализа, термином "обдувка" (blasting)

обозначил способ, посредством которого можно определить минимальные затраты на выполнение функций, соответствующих назначению того или иного предмета. Сущность этого способа заключается в том, чтобы определить все функции

детали или узла, а затем составить перечень цен самых дешевых из всех известных устройств, способных выполнять каждую из этих функций. Если бы, например, пришлось "обдуть" автомобильное зеркало заднего обзора, можно было бы считать, что самыми дешевыми из существующих устройств для выполнения отдельных функций этого узла являются следующие (приведенные в таблице данные носят чисто гипотетический характер и предназначены только для пояснения принципа "обдувки"):

ти каждой *функции*. Определять "ценность" промышленных изделий намного сложнее, чем может показаться на основании упрощенного гипотетического примера, представленного в таблице. Здесь приходится сталкиваться с трудностью определения издержек по отпускным ценам самых дешевых альтернативных устройств и с трудностью — присущей многим методам проектирования — определения уровня детализации или общности при определении функций. Можно заметить, что приведенные в таблице функ-

Функция зеркала заднего обзора	Самое дешевое из имеющихся устройств для осуществления этой функции	Цена, долл.
1. Обеспечить обзор обстановки позади автомобиля	Карманное зеркальце в металлической оправе	0,20
2. Создать опору для небольшого предмета приблизительно в 50 мм от поверхности детали из листовой стали	Стальной стержень, приваренный обоими концами	0,02
3. Обеспечить возможность регулирования положения относительно горизонтальной и вертикальной осей	Две втулки на стержне, изогнутом под прямым углом	0,04
4. Создать устойчивость по обеим осям при вибрации	По одной пружинной шайбе на каждую ось	0,01
5. Обеспечить возможность замены всего узла	Резьбовое соединение	0,04
Итоговая "ценность" всех функций узла		0,31

Вошедшие в перечень устройства, естественно, не обязательно должны стыковаться друг с другом: они должны лишь приемлемым образом выполнять каждую из указанных функций.

"Ценность" конструкции, определенная способом "обдувки", нередко оказывается значительно ниже достигнутой к настоящему времени себестоимости изделия. Эту разницу, по-видимому, следует объяснить тем, что конструкция обладает какими-то свойствами, которые не влияют на выполнение ею своих функций, и что конструкторам не удалось найти самый дешевый способ осуществления основного назначения изделия. Таким образом, "обдувка" позволяет определить, какие стороны конструкции требуют модификации.

Фундаментальным принципом стоимостного анализа является мысль о том, что начинать надо не с существующей цены каждой *детали*, а с рыночной стоимос-

ти находятся на разных уровнях общности и что другая разбивка на подфункции легко может дать совершенно иное итоговое значение.

Кроме того, крайне трудно определить "ценность" абстрактных функций, таких, как внешний вид, престиж, мода. Правда, некоторые специалисты по стоимостному анализу утверждают, что способ "обдувки" применим и к абстрактным функциям.

Определение издержек

Точность определения издержек зависит в основном от того, насколько хорошо был до этого организован учет затрат. Данные этого учета должны давать возможность с достаточной точностью определить будущую себестоимость модифицируемых деталей, хотя расчет издержек производства при изготовлении совершенно новых конструкций будет, естественно, менее точен.

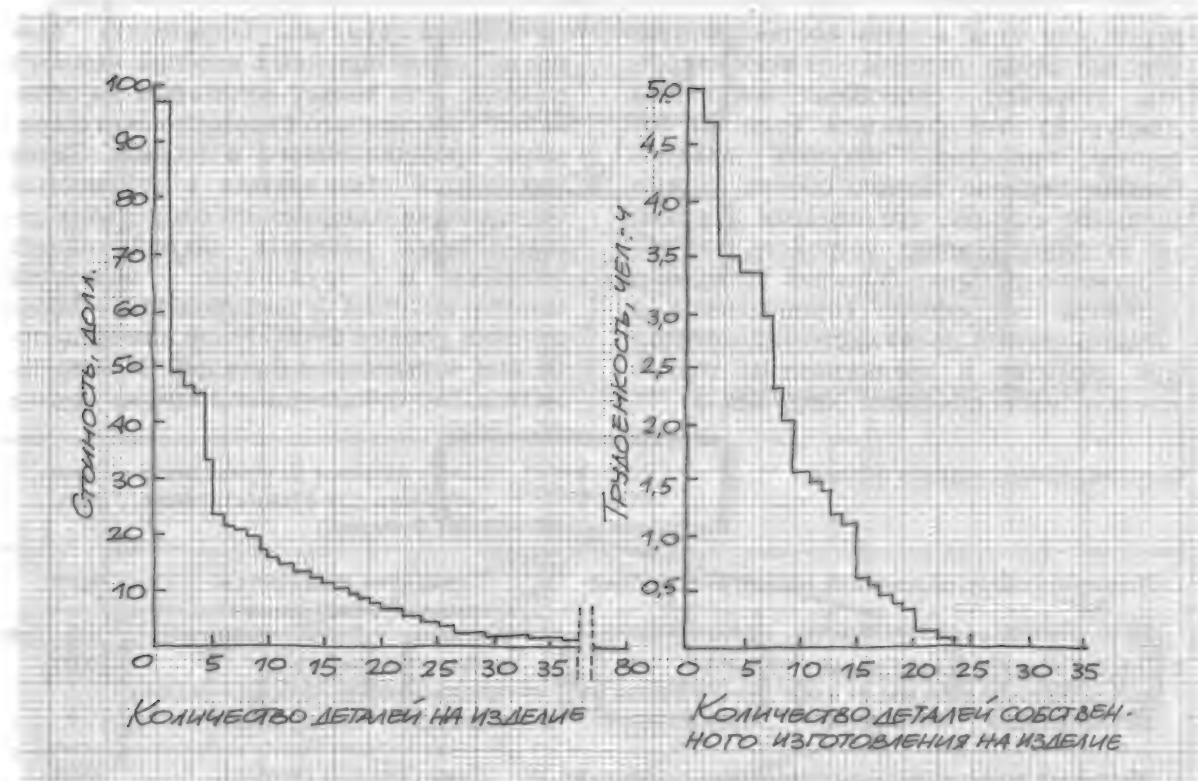


Рис. 7.4.а — закупные изделия, б — изделия собственного производства.

Гистограммы, представленные на рис. 7.4, относятся к ракетному двигателю "Тиокол"; из них видно, что значительная доля суммарных затрат приходится на малое число деталей, причем такая картина наблюдается как для закупаемых изделий (слева), так и для изделий собственного производства (справа). Обычно основные усилия по стоимостному анализу концентрируются на самых дорогих деталях и узлах, так как они позволяют получить наибольшую экономию.

Пример модификации детали ракетного двигателя приведен на рис. 7.5. Эта деталь — рассеиватель, который виден в центре рис. 7.2. Таблица 7.1 характеризует стоимость конструкции до и после модификации.

5. До того как приступить к производству изделия пониженной себестоимости, представить результаты стоимостного анализа на одобрение консультантам по стоимостному анализу, конструкторскому бюро и администрации.

Каждая комплексная бригада должна представить свои выводы на рассмотр-

ение консультантов по стоимостному анализу. При таком рассмотрении предложения проверяются на согласованность друг с другом, на правильность калькуляции и на размер экономии по сравнению с экономией, полученной в других проектах. Кроме того, консультанты по стоимостному анализу принимают участие в переговорах о вносимых изменениях между собственными производственными единицами фирмы и внешними поставщиками, своими доводами и рекомендациями побуждая субподрядчиков согласиться на предложенные изменения. Те предложения комплексных бригад, которые одобрены консультантами по стоимостному анализу, передаются в конструкторское бюро на техническую апробацию, а затем администрации на окончательное утверждение, которое служит основанием для капиталовложений на подготовку производства модифицированных деталей и узлов.

Замечания

Стоимостный анализ — это заранее заданная разветвленная стратегия проекти-

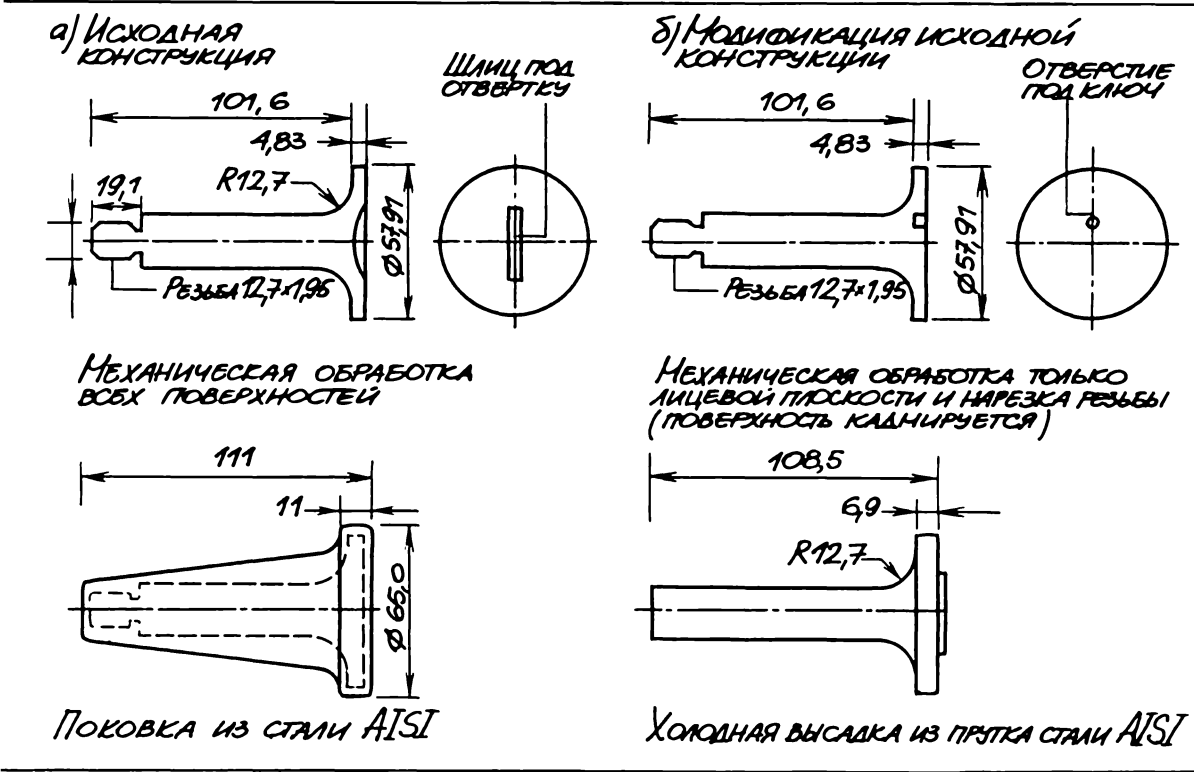


Рис. 7.5

Таблица 7.1

	Стоимость, долл.		
	заготовки	обработки	суммарная
Исходная конструкция	2,31	5,03	7,34
Новая конструкция	0,59	1,63	2,22
Экономия в расчете на 1 деталь			5,12
Затраты на внедрение			1100
Общая экономия при производстве 5000 деталей			24500

рования изделия, направленная на снижение себестоимости за счет нахождения самых дешевых способов осуществления каждой из существенных функций. Применение стоимостного анализа позволяет ускорить и расширить обмен идеями между всеми лицами, которые в силу занимаемого ими положения могут судить о себестоимости и обнаруживать пути ее снижения. Сторонники стоимостного анализа утверждают, что он значительно повышает темпы и уровень освоения каждой организацией способов снижения себестоимости изделия (рис. 7.6 [50]).

При применении этого метода можно рассчитывать на среднее снижение себестоимости по изделию в целом на 10 —

20 %, а для отдельных деталей, которые признаются необязательными или чрезмерно усложненными (примером может служить керамическое покрытие, рис. 7.6), экономия оказывается намного больше. Затраты на проведение стоимостного анализа зачастую составляют всего 10 % полученной экономии. Разочарование в стоимостном анализе, явившееся реакцией на неумеренное восхваление этого метода в первый период его применения, сейчас сменяется признанием того факта, что он действительно позволяет получить значительную экономию и не сопряжен со скрытыми потерями в виде, например, снижения качественного уровня проекта. На самом де-

ле, как показала Американская артиллерийско-техническая ассоциация [52], побочные влияния стоимостного анализа на надежность, эргономические свойства, качество и эксплуатационные характеристики изделия часто оказываются положительными и почти никогда — отрицательными.

Применение

Стоимостный анализ применим к любому изделию, для которого удастся:

а) точно определить функцию и качество каждого элемента;

в) рассчитать точную стоимость каждого покупного изделия и каждой технологической операции.

Обучение

Для успешного применения метода стоимостного анализа необходимо, чтобы люди, обладающие специальными знаниями в области технологии производства, снабжения, калькуляции цен и т.д., освоили *метаязык*, который позволил бы им на основании личного опыта формулировать предложения, *совместимые* с функциональными требованиями к изделию, а

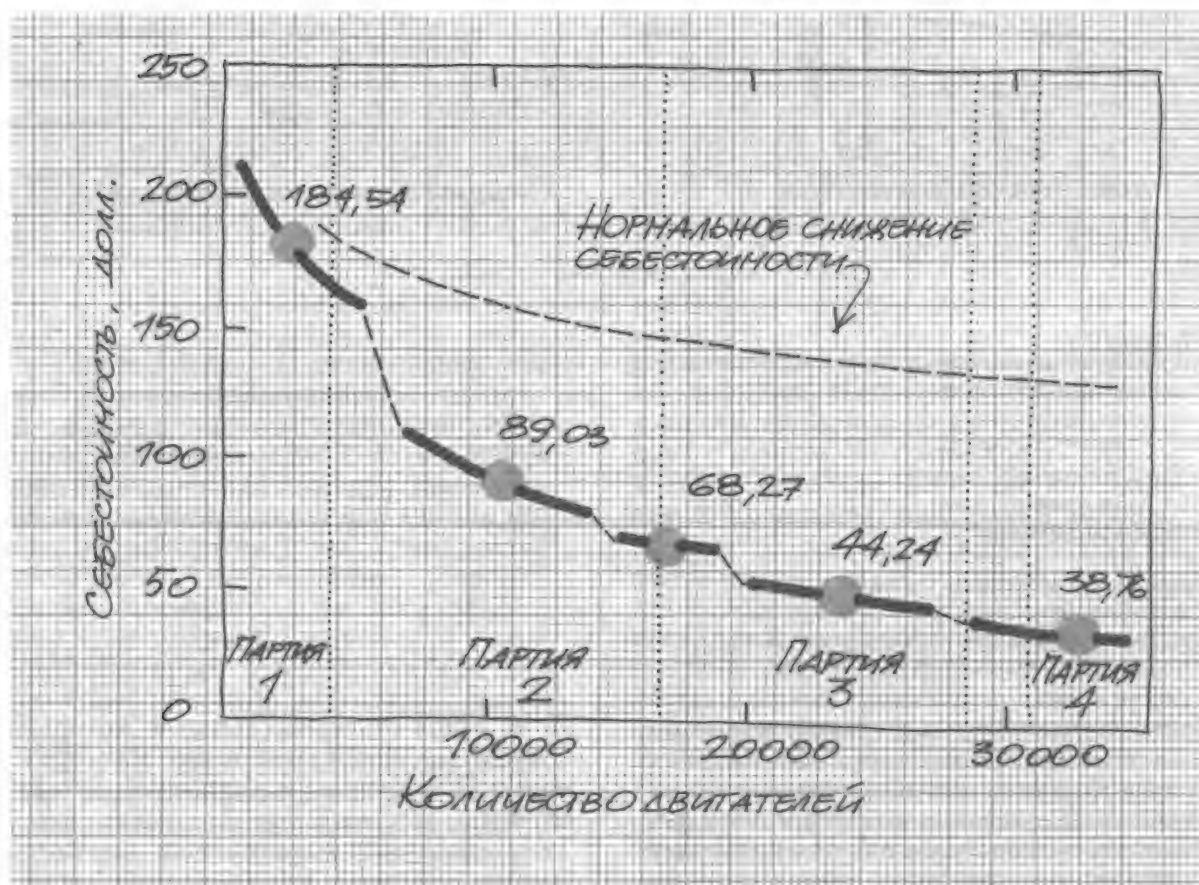


Рис. 7.6. Стоимость керамического покрытия камеры сгорания.

б) установить "ценность" каждой функции путем определения цен, которые пришлось бы заплатить за другие устройства, способные выполнять эту функцию;

также с затратами на его изготовление. Обучение этому метаязыку займет скорее несколько месяцев, чем несколько дней, поскольку "учащиеся" должны научиться принимать решения с учетом

большого числа факторов и отказаться от привычных им способов принятия решений. Поэтому стоимостный анализ легче усваивается руководителями высшего уровня, которые привыкли принимать в расчет широкий круг факторов и иметь дело с неопределенностью и изменчивостью. Однако применение стоимостного анализа будет более эффективным, если этому методу удастся обучить работников среднего и низшего уровня: они обладают гораздо более детальными и реалистичными знаниями в области производства и снабжения, чем высшие руководители, и, следовательно, могут способствовать созданию гораздо более точной модели факторов среды, от которых зависит себестоимость изделия.

Решающим условием успешного завершения работ по стоимостному анализу является умение консультантов по стоимостному анализу улаживать конфликты между работниками различных отделов и служб, не допуская того, чтобы эти конфликты переросли в открытую вражду. Для этого рекомендуется заранее объявить, что любое снижение себестоимости будет считаться заслугой того человека или отдела, который провел в жизнь внесенные предложения.

Стоимость и время

Для эффективного использования метода нужно назначить хотя бы одного специалиста по стоимостному анализу. На подготовку такого специалиста потребуется несколько месяцев, а затем он в течение нескольких недель может обучить стоимостному анализу членов комплексной бригады. Пока эта бригада научится работать, может пройти еще несколько месяцев. Стоимостный анализ в значительной мере направлен на преодоление организационной инерции и поэтому требует постоянной поддержки со стороны высшего руководства.

Библиография

Дэвис [50], Майлз [51], Американская артиллерийско-техническая ассоциация [52].

7.3 Системотехника

Цель

Добиться внутренней совместимости между элементами системы и внешней совместимости между системой и окружающей средой.

План действий

1. Определить входы и выходы системы.
2. Найти систему функций, при помощи которых входы можно преобразовать в выходы.
3. Подобрать или разработать технические устройства для осуществления каждой из этих функций.
4. Проверить полученную систему на внутреннюю и внешнюю совместимость.

Пример

Разработать систему управления платной стоянкой автомобилей.

1. Определить входы и выходы системы.

Пример входов и выходов системы управления автостоянкой приведен на рис. 7.7, где они показаны по разные стороны от прямоугольника, изображающего всю систему в целом. Чтобы однозначно определить границы системы и ее назначение, достаточно указать необходимые ей входы и выходы. Однако для этого требуется тщательно исследовать условия среды, в которой должна работать система, и запросы заказчика. Методы исследования проектных ситуаций описаны в гл. 9. Пока нужно только проследить, чтобы все существенные виды обмена материалами, энергией и информацией между системой и окружающей средой были обозначены на схеме. Не менее важно определить *временные зависимости* между входами и выходами, например интенсивность потока прибывающих и убывающих машин в разное время суток, в разные дни недели и в особые периоды (праздники и т.п.).

2. Найти систему функций, при помощи которых входы можно преобразовать в выходы.

Необходимо выбрать систему функций для преобразования входов, показанных на рис. 7.7, в заданные выходы. Поскольку такие преобразования можно делать различными способами, выбор функций

произволен. В данном случае были выбраны следующие функции:

- а) регистрация времени прибытия;
- б) закрепление контрольного талона за прибывшим автомобилем;
- в) снятие контрольного талона с уезжающего автомобиля;

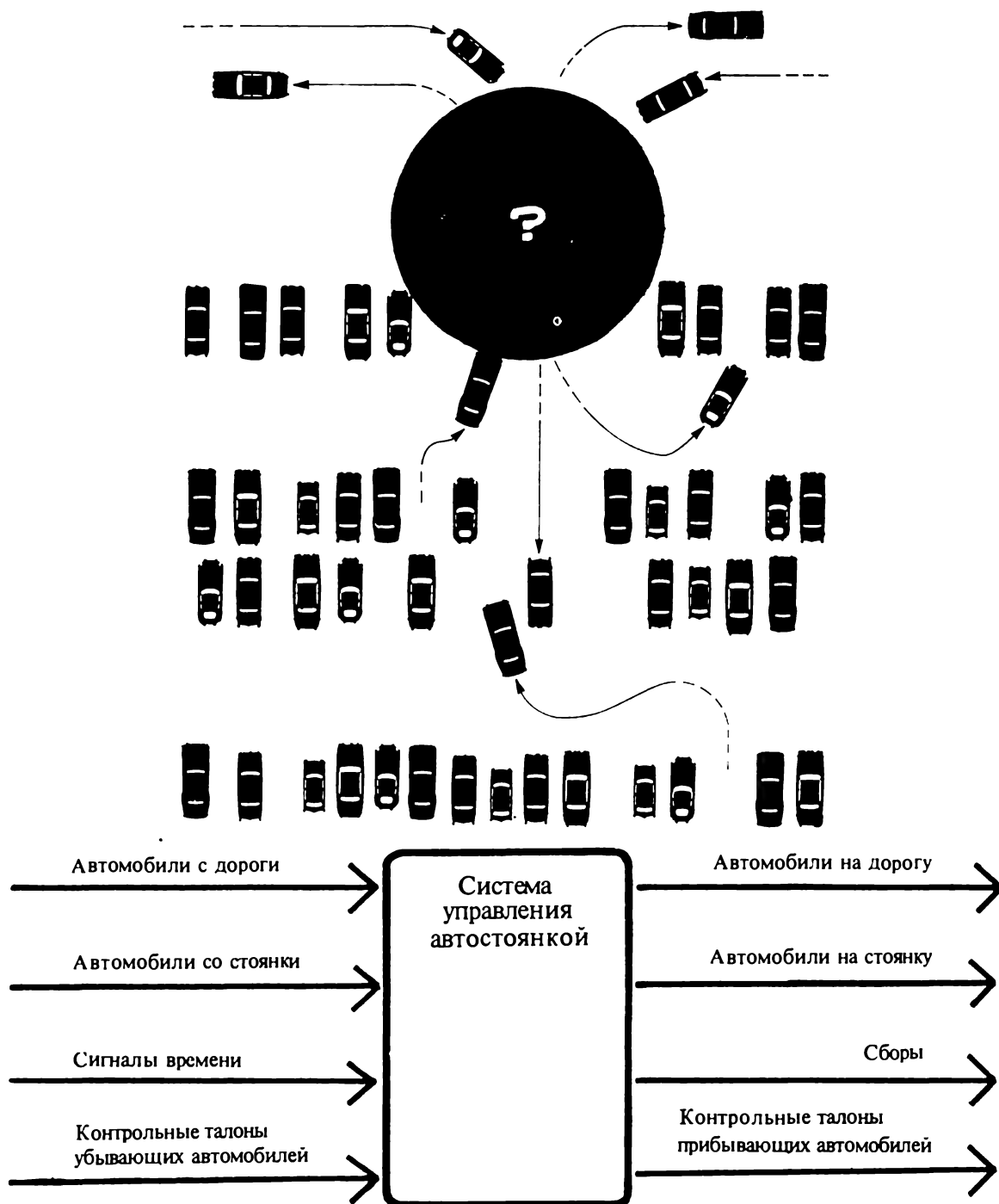


Рис. 7.7

г) расчет суммы и сбор платы.

Эти функции можно самыми различными способами делить на более дробные или объединять в более крупные. Например, функции "а" и "б" можно заменить функцией "идентификация каждого прибывающего автомобиля и регистрация времени его прибытия". В этом случае на автомобиль не будет выдаваться контрольный талон, и придется надлежащим образом изменить остальные входы, выходы и функции. Точно так же функцию "г" можно разделить на две: "расчет суммы" и "сбор платы", что потребует соответствующих изменений на заключительных этапах этого процесса. Затем каждую из выбранных функций изображают вместе с необходимыми для ее осуществления входами и образуемыми ею выходами (рис. 7.8).

Входы и выходы, находящиеся внутри системы, соединяют между собой и отлаживают систему до достижения полной согласованности между ними (рис. 7.9), т.е. выясняют, откуда исходит каждое входное и куда направлено каждое выходное воздействие.

Внутренняя согласованность обычно достигается путем длительного поиска методом проб и ошибок. При этом выявляются промахи, допущенные на предыдущих стадиях; например, проектировщик мог забыть о том, что для регистрации времени прибытия и расчета суммы сборов за стоянку необходимо иметь внешний источник сигналов времени. (Читателям, которым до этого не приходилось иметь дело с системотехникой, полезно на собственном опыте испытать этот метод проб и ошибок; для этого им предлагается попытаться самосто-

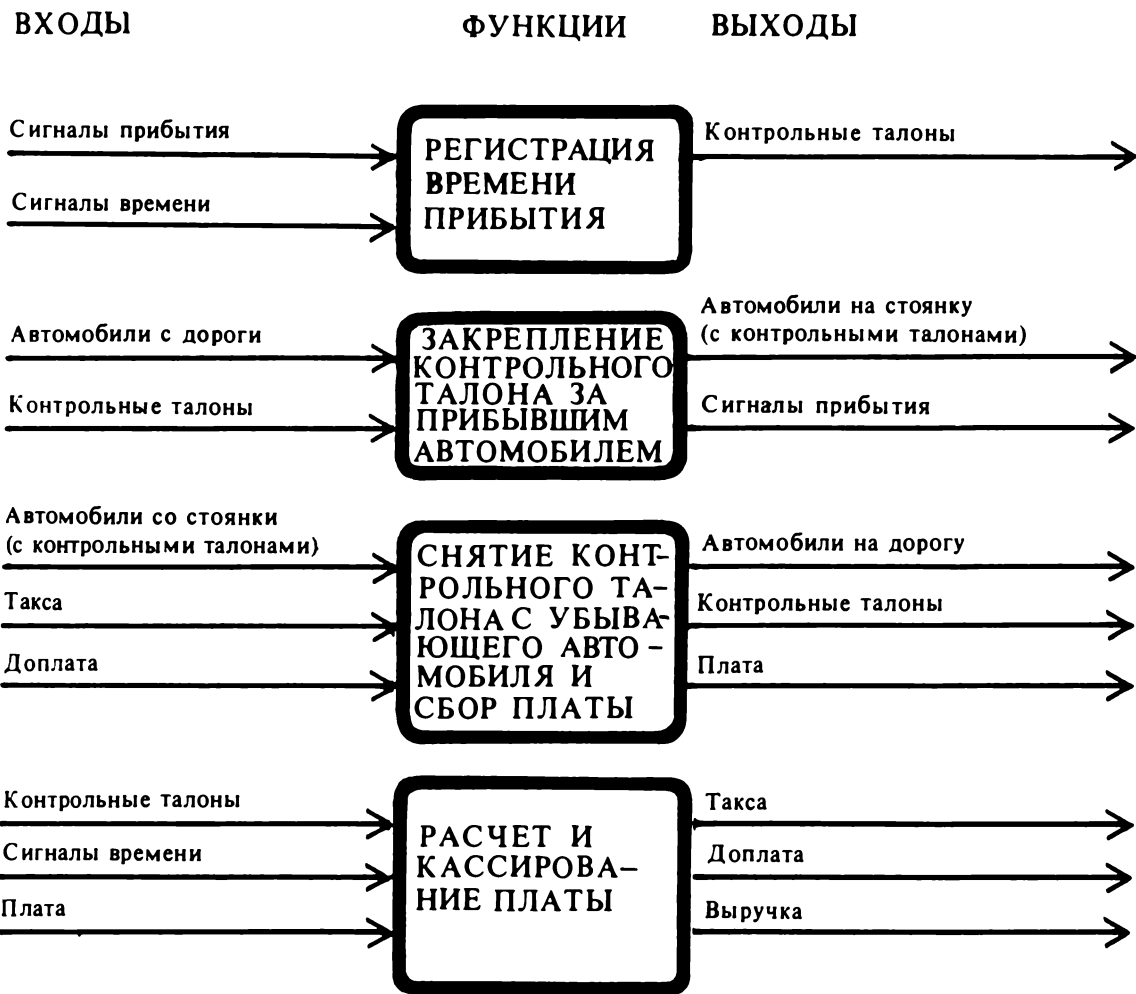


Рис. 7.8.

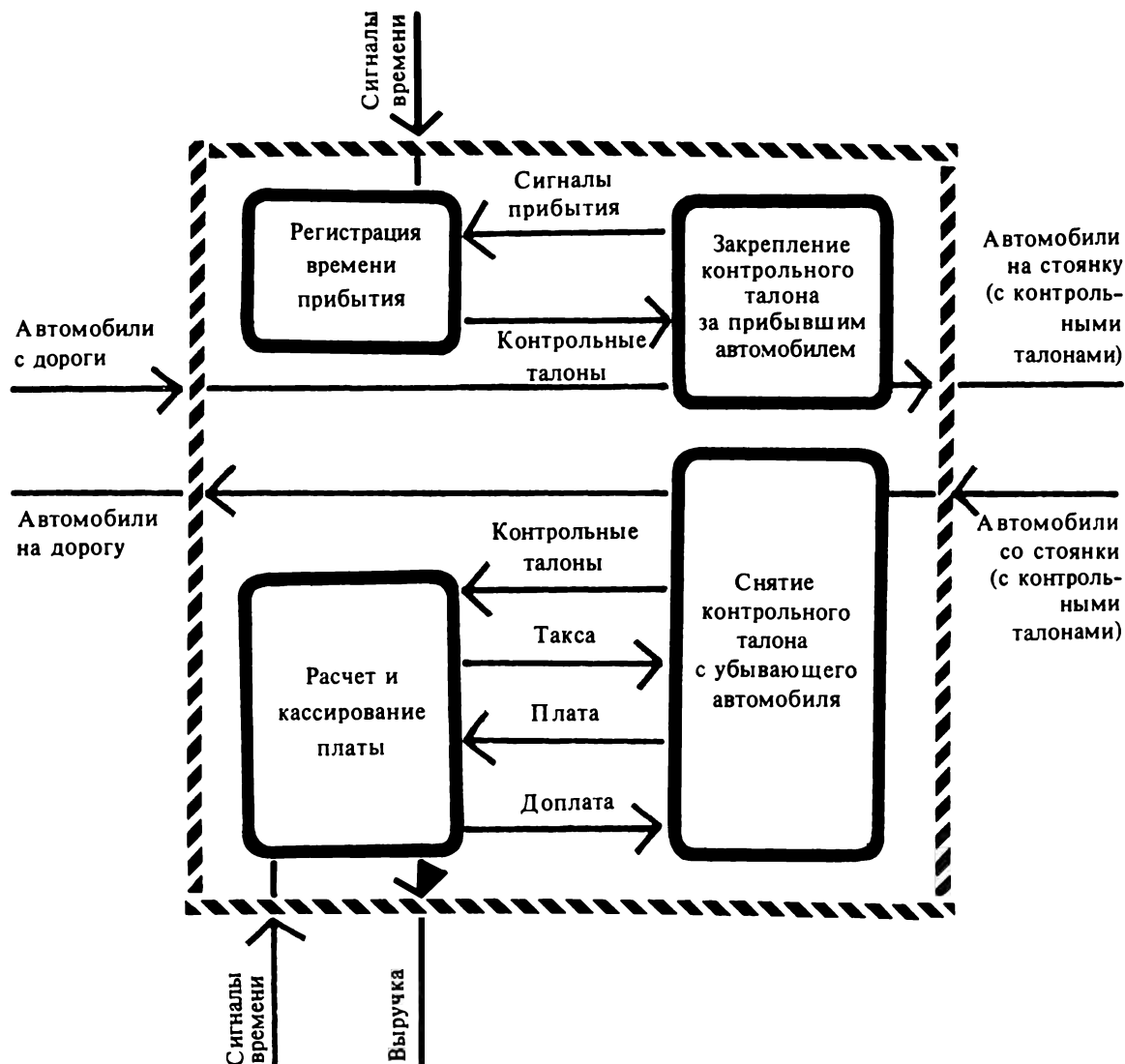


Рис. 7.9

ательно разобрать систему управления автостоянкой на основе другой системы функций, указанной выше.) Трудно найти необходимый уровень детализации функций и обеспечить сохранение всех функций и связей между ними на выбранном уровне, а не выше или ниже его. Функции могут считаться достаточно детализированными, если на следующем этапе проектирования можно подобрать физически независимое устройство для выполнения каждой функции. Ограниченное число случаев расщепления и слияния функции на этапе 3 допустимо, но если большинство функций оказываются слишком детализированными или слишком обобщенными, то функциональное описание как средство декомпозиции задачи проектирования теряет всякий смысл. В источниках, указанных

в библиографии в конце этого раздела, приведены математические методы обеспечения совместимости подсистем. Системотехника малоэффективна при проектировании объектов "плотносвязанной" конструкции, например двигателей, в которых некоторые элементы выполняют по несколько функций. Гораздо успешнее ее можно использовать для разработки *поточных систем*, в которых блоки физически разделены и выполняют каждый свою функцию (гл. 4).

3. Подобрать или разработать технические устройства для осуществления каждой из этих функций.

Разбирать этот этап здесь нецелесообразно, так как его осуществление не связано с использованием методов системо-

техники. Если какая-то функция сама представляет собой поточную систему, можно повторить этапы 1 и 2. В противном случае проектировщик пользуется другими методами, более подходящими для разработки плотносвязанных объектов, — такими как синектика, стоимостный анализ, фундаментальный метод проектирования Мэтчетта или обычное выполнение чертежей в масштабе.

Именно на этом этапе выявляется крупнейшее достоинство системотехники: уверенность, с которой можно предоставлять субподряды на разработку или поставку физических блоков системы. Эта уверенность основана на том, что входы и выходы каждого блока точно определены. Жесткий контроль за формулировкой требований к входным и выходным характеристикам позволяет заранее выявить и устранить целый ряд неувязок и задержек, с которыми обычно приходится сталкиваться при координации конструкторских работ по субподрядам.

4. Проверить полученную систему на внутреннюю и внешнюю совместимость.

В источниках, приведенных в библиографии, описан целый ряд методов моделирования и испытания физических систем. Если на ранней стадии проектирования возникает необходимость провести сравнение нескольких вариантов решения, то проводится математическое или экономическое исследование методами теории сетей и теории полезности. На последующих этапах с помощью аналоговых вычислительных машин или физических моделей можно провести испытания основных подсистем или всей системы на пропускную способность, устойчивость, чувствительность, себестоимость, надежность и т.д.

Для проекта системы управления автостоянкой целесообразно рассчитать или проверить на физической модели время обработки одного автомобиля, предполагаемое время ожидания в очереди, вероятность аварий и задержек, пригодность системы для предполагаемых типов автомашин, размеры первоначальных капиталовложений и расходов на эксплуатацию стоянки, суммы сборов, вероятность соз-

дания помех другим объектам окружающей среды или возникновения помех с их стороны, влияние темноты, дождя, снега, яркого солнца и т.д.

Замечания

Здесь дан лишь краткий очерк методики, процедуры которой на практике могут быть чрезвычайно сложными и обширными. Однако в этом очерке продемонстрировано основное свойство системотехники, отличающее ее от других форм проектирования: анализ вход/выход. Указана также основная трудность: трудность членения системы на подфункции до того, как стало известно, можно ли к заданному сроку окончания проекта приобрести или изготовить технические средства для выполнения этих функций. Этой трудности можно избежать, если все функции будут соответствовать элементам какого-либо из уже существующих наборов стандартных физических блоков, например логическим блокам на штепсельных разъемах, из которых можно собирать различные системы ЭВМ, или узлам системы центрального отопления. При этом предполагается, что главная задача проектирования — обеспечение правильного взаимодействия компонентов системы — уже заранее решена автором набора, что он уже предусмотрел все возможные виды функционального взаимодействия блоков, осуществляемого с помощью стандартных соединений и стыковочных устройств в соответствии со стандартными правилами сборки. Таким образом, системотехника по существу представляет собой метод решения сравнительно простой задачи проектирования изделий из нормализованных узлов (гл. 4). В той мере, в какой проектировщик не может воспользоваться нормализованными блоками, ему приходится отступать от описанного здесь процесса последовательного решения задачи. Соответствующий метод проектирования систем человек — машина рассматривается ниже (разд. 7.4).

В этом очерке ничего не говорится о сложной и важной задаче согласования интенсивности потоков и динамики поведения всех блоков системы. Методы решения проблем динамики систем чита-

тель в большом числе встретит в пособиях, указанных в библиографии.

Применение

Как уже было сказано, описанная методика наиболее эффективна тогда, когда основная часть задачи состоит в отыскании способа соединения готовых нормализованных узлов в работоспособную систему. Она особенно удобна, когда выбор блоков или их детальная разработка передается субподрядчикам.

Обучение

Теории этого метода легко обучить и обучиться. Если проектируемая система состоит из отдельных, но не стандартных или готовых узлов, то применять системотехнику хотя и трудно, но все же вполне возможно. Метод может завести в тупик, если пользоваться им при проектировании систем с большой степенью связности, когда основная цель состоит в том, чтобы обеспечить высокие технические характеристики при малых затратах или малом весе путем объединения деталей и отказа от выполнения некоторых функций, т.е. путем непрерывного изменения способа членения функций.

Стоимость и время

Системотехника может привести к сокращению затрат денежных средств и времени на координацию работ по крупным проектам при условии, что проектировщики не впадают в излишнюю детализацию при членении системы на функции. Если неувязки не будут вскрыты методами системотехники, их устранение обойдется гораздо дороже в дальнейшем, когда они обнаружатся на практике.

Библиография

Честнат [53, 54], Экман [55], Гуд и Макол [56], Гослинг [57], Холл [58].

7.4. Проектирование систем человек — машина

Цель

Добиться внутренней согласованности между человеческим и машинным компонентами системы и внешней согласованности между системой и средой, в которой она функционирует.

План действий

1. Определить входы и выходы системы.
2. Найти систему функций, при помощи которых входы можно преобразовать в выходы.
3. Определить, какие функции нужно возложить на людей, а какие — на машины.
4. Определить необходимые методы обучения, вспомогательные устройства, конструкции средств коммуникации между человеком и машиной и конструкции машин.
5. Определить, какие изменения необходимо внести, чтобы обеспечить совместимость между человеком, машиной и средой.

Пример

Продолжим здесь разбор примера, рассмотренного при изложении разд. 7.3 "Системотехника", где речь шла о разработке системы управления автостоянкой. При этом мы пропустим первые два этапа, которые одинаковы для обоих методов.

3. Определить, какие функции нужно возложить на людей, а какие — на машины.

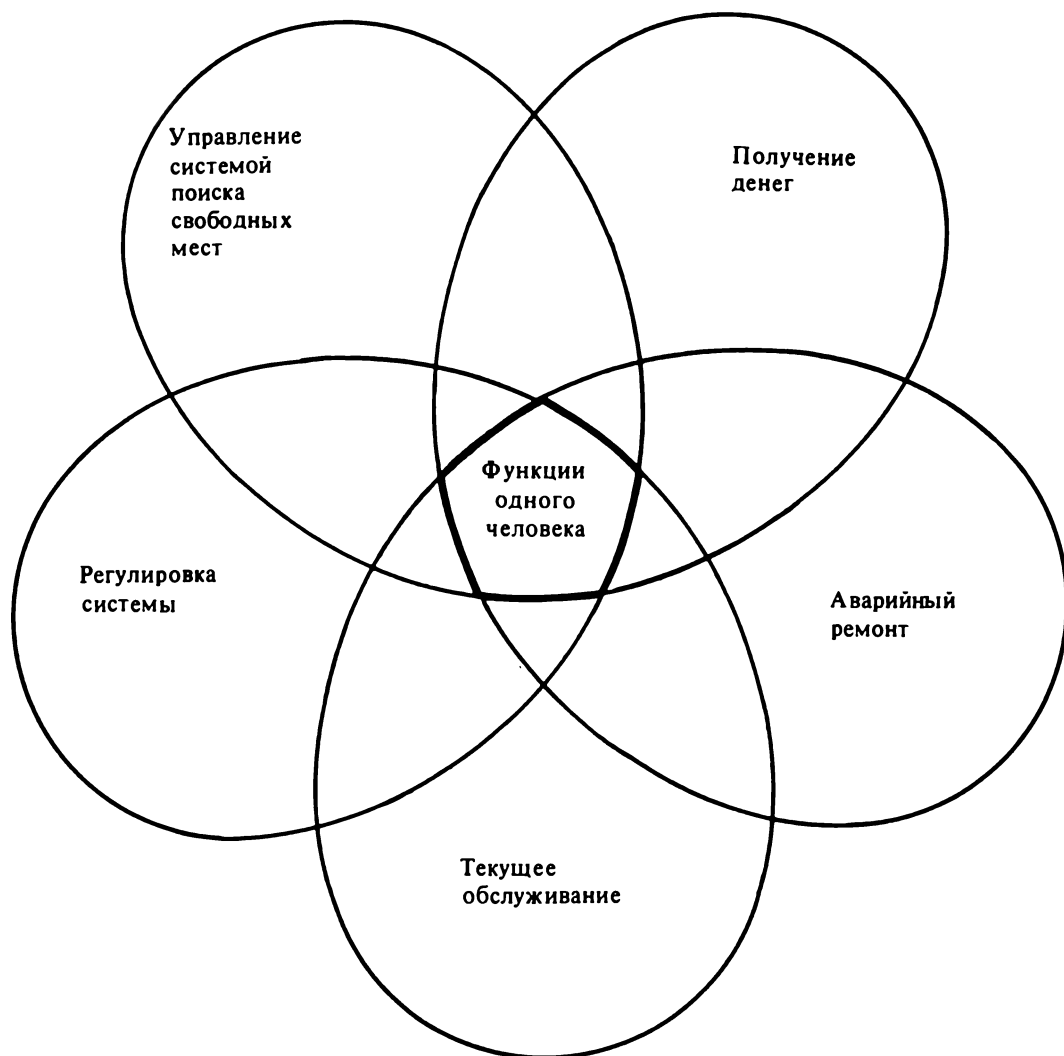
Решение этого вопроса зависит от а) стоимости подбора, подготовки и оплаты труда операторов и б) стоимости разработки, приобретения и эксплуатации со-

Таблица 7.2

Параметры	Машина	Человек
Скорость	Намного выше	Запаздывание на 1 с
Мощность	Может поддерживаться на любом уровне Большие и постоянные стандартизованные усилия	1,49 кВт в течение 10 с 0,37 кВт в течение нескольких минут 0,149 кВт при непрерывной работе в течение дня
Постоянство характеристик	Идеально для работы в неизменном режиме, при повторяющихся и прецизионных операциях	Ненадежно: должно контролироваться с помощью машины
Выполнение сложных операций	Многоканальное	Одноканальное
Память	Особенно пригодна для точного воспроизведения и кратковременного хранения информации	Большой объем, произвольная выборка. Особенно пригодна для накопления общих принципов и стратегий
Логика	Преимущественно дедуктивная	Преимущественно индуктивная
Вычисления	Быстрые, точные Коррекция ошибок затруднительна	Медленные, с ошибками Коррекция ошибок осуществляется легко
Чувствительность на входе	Способность воспринимать некоторые воздействия, недоступные органам чувств человека (например, радиоактивность) Может быть предусмотрена нечувствительность к внешним воздействиям	Широкий диапазон воспринимаемых энергетических уровней (10^{12}) и восприятие ряда стимулов одним органом чувств; например, глаз воспринимает относительное положение, движение и цвет. Хорошая способность к распознаванию образов. Способность восприятия сигналов при высоких уровнях шума Подвержена воздействиям тепла, холода, шума и вибрации (при превышении ими известных пределов)
Надежность при перегрузках	Внезапный отказ	Постепенное ухудшение характеристик
Интеллект	Отсутствует	Способность действовать в непредвиденных и непредвидимых обстоятельствах. Способность к предвосхищению событий
Выполнимые манипуляции	Узко специализированы	Широкое разнообразие

ответствующих машин. При этом полезно иметь в виду данные, приведенные в составленной Фиттсом таблице, в которой сопоставлены некоторые свойства человека и машины. Табл. 7.2 представляет собой таблицу Фиттса, видоизмененную Синглтоном [59].

Теперь уже общепризнано, что человека-оператора нельзя исключить ни из одной системы, сколь бы автоматизированной она ни была: все равно должен оставаться один человек, так называемый "ведущий оператор", ответственный за работу системы, например мастер ав-



томатического прокатного стана, наземный оператор космического летательного аппарата, абонент телефонной сети, набирающий номер. При распределении функций основной вопрос заключается в следующем: в какой мере ведущему оператору нужна помощь со стороны машинных и человеческих вспомогательных средств при

- а) вводе информации;
- б) принятии решений;
- в) выводе информации.

Выполнение непредсказуемых или не поддающихся детальному анализу функций следует поручать человеку. Если же функция полностью поддается математическому описанию, всегда можно сконструировать такую машину, которая выполняла бы эту функцию точнее и надежнее, чем человек. В таком случае нужно

сопоставить стоимость этой машины с прямыми и косвенными издержками из-за того, что люди будут выполнять машинную работу. Примером прямых издержек может служить неизбежно низкая производительность труда человека, который делает то, что могла бы сделать машина. Примером косвенных издержек могут явиться расходы на внесение разнообразия в работу людей, которые устают от многократного повторения одной и той же операции.

Разрабатывая систему управления автостоянкой (продолжение примера, рассмотренного в связи с изложением метода разд. 7.3), можно распределить функции следующим образом:

- а) регистрация времени прибытия — *машина* (аппарат, выдающий въездные талоны);

б) закрепление контрольного талона за прибывшим автомобилем — человек (водитель автомобиля);

в) снятие контрольного талона с убывающего автомобиля — человек (водитель автомобиля);

г) расчет суммы и сбор платы — человек (служащий в будке).

Отдельные задачи, поручаемые человеку, следует по возможности объединять таким образом, чтобы каждому оператору было обеспечено определенное разнообразие и удовлетворение, чтобы он мог проявить инициативу для совершенствования работы всей системы и чтобы была оправдана выплата работнику достаточно привлекательной для него зарплаты. Поэтому на следующем этапе проектирования можно, например, решить, что одному и тому же оператору целесообразно поручить сбор денег, выполнение некоторых функций машины в случае ее аварии, проведение текущего обслуживания и ремонта машины, ответственность за регулировку машины с целью сведения к минимуму ее простоев и управление работой отдельной полуавтоматической системы, которая направляет водителей к свободным местам, когда почти вся стоянка занята.

Первые попытки распределить работу между человеком и машиной, весьма вероятно, потребуют пересмотра первоначального комплекса функций, который был установлен на этапе 2. Может быть, придется даже несколько пройти этапы 2 и 3, прежде чем удастся найти приемлемый вариант.

4. Определить необходимые методы обучения, вспомогательные устройства, конструкции средств коммуникации между человеком и машиной и конструкции машин.

Традиционная последовательность — сначала машина, потом люди — здесь была сознательно нарушена, чтобы показать, что даже так называемым автоматическим системам нужен не только ведущий оператор; нужны и другие операторы, которые проводят наладку, аварийный ремонт, техническое обслуживание и совершенствование системы. Затраты вре-

мени и денежных средств на создание такой системы, расходы на ее эксплуатацию и возможности ее усовершенствования для продления срока ее службы — все это в очень значительной степени зависит от того, насколько удачно определены задачи операторов или потребителей. В обнаружении и устранении ошибок такого рода и состоит цель проектирования систем человек — машина.

Для оценки систем с этой точки зрения нужно провести те этапы, которые на рис. 7.10 включены в зону "Учет человеческих факторов при проектировании".

На всех этапах эргономического проектирования нужно учитывать все пять режимов работы систем:

- а) наладку;
- б) нормальную работу;
- в) работу в аварийных условиях;
- г) техническое обслуживание и ремонт;
- д) развитие системы.

Как и в разд. 7.3 "Системотехника", не следует считать, что схема предполагает линейную последовательность этапов. Разработку технической документации по каждому этапу можно вести в произвольном порядке, но для завершения этой работы придется много раз обращаться к другим этапам. Главное, чтобы образующаяся при этом система технической документации использовалась для отбраковки конструктивных решений, удовлетворяющих не всем требованиям. Стрелками на схеме показаны основные соответствия, к которым нужно стремиться.

В примере с проектированием системы управления автомобильной стоянкой процесс эргономического проектирования займет очень много времени, поскольку здесь стоит задача отработать три функции, возложенные на человека, по каждому из пяти режимов работы системы. Так, функцию "закрепление контрольного талона за прибывшим автомобилем" можно отработать следующим образом (остальные функции здесь не разбираются, чтобы не усложнять пример).

- а) *Определить характеристики человека.* Синглтон [59] предлагает разделить решение этой задачи на несколько ступе-

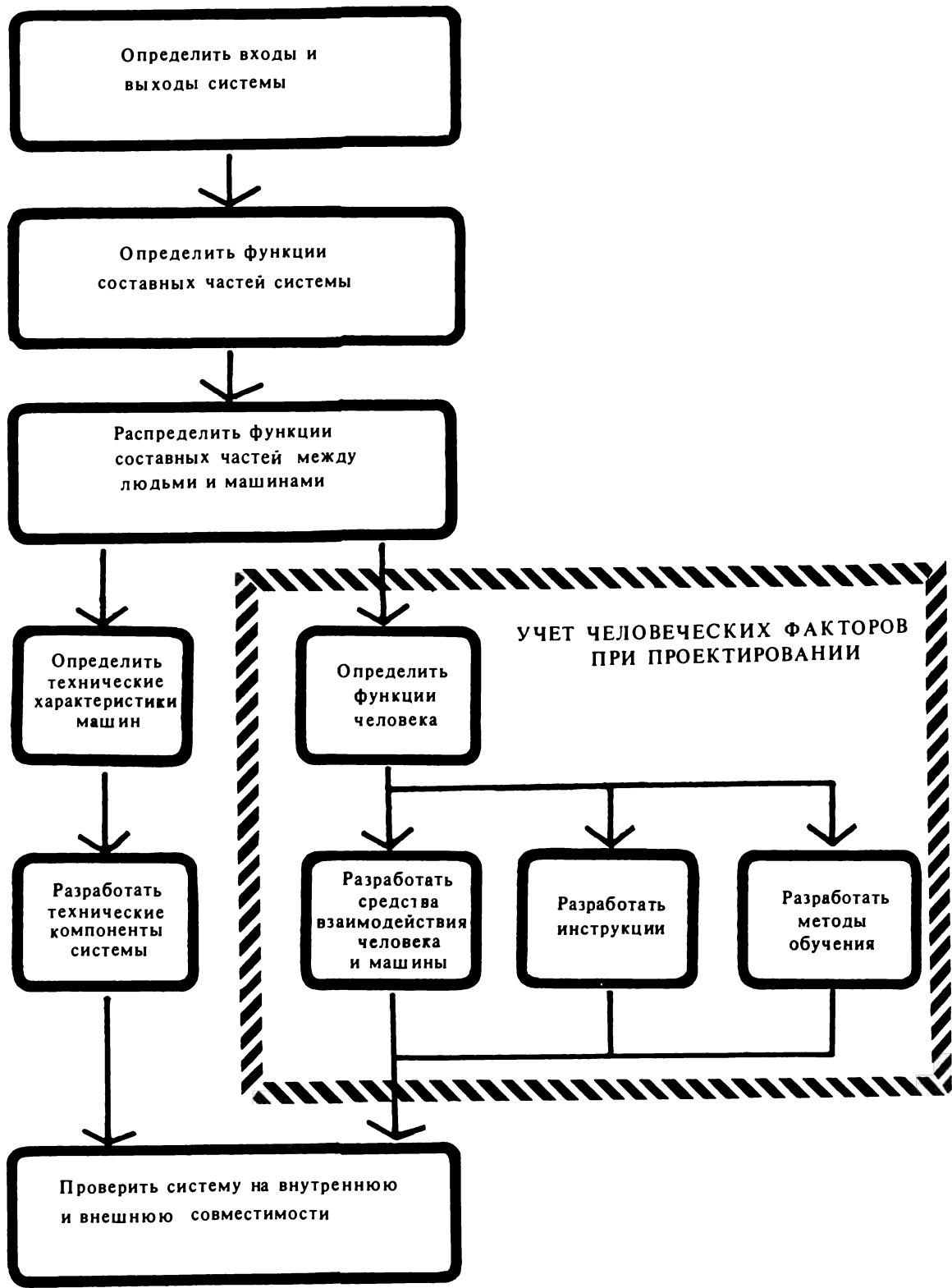


Рис. 7.10

ней, из которых наиболее важными являются ступени "описание задачи" и "содержание работы". На этих ступенях можно, например, решить, что каждый водитель останавливает свой автомобиль перед фотоэлементом и, высунав руку в

окно, берет контрольный талон, который выдается автоматическим устройством. Эти действия при пяти режимах работы системы можно было бы определить следующим образом:

Режим работы системы	Определение задачи для функции "а"
Наладка	Положение фотоэлемента регулируется в соответствии с местными условиями
Нормальная работа	99,9% водителей должны суметь остановить автомобиль в зоне, контролируемой фотоэлементом, и принять контрольный талон от автомата. Это жесткое требование заставит проектировщиков осознать, что некоторая часть водителей может обладать физическими недостатками, которые помешают им дотянуться до автомата, выдающего талоны, что в некоторых автомобилях окна могут открываться недостаточно широко, не позволяя водителю достать более удаленные предметы. Оно может также привести к разработке оборудования, которое будет одинаково пригодным для применения в странах с левосторонним и с правосторонним движением
Работа в аварийных условиях	Для замены фотоэлемента достаточно 5 мин; имеется запасной фотоэлемент; предусмотрена площадка, с которой служащий может раздавать контрольные талоны через окна автомобилей в случае поломки автомата для выдачи талонов
Техническое обслуживание и ремонт	Устройство с фотоэлементом легко поддается испытаниям, а детали с коротким сроком службы заменяются за 5 мин
Развитие системы	Служащие и бригада обслуживания имеют возможность в случае нужды регулировать положение фотоэлемента для улучшения характеристик системы

б) Разработать систему коммуникаций между человеком и машиной.

Этой системой в данном случае служат средства, которые позволяют водителю поставить автомобиль точно в заданном месте. Проектировщики-эргономисты при решении этой подзадачи выберут такую форму коммуникации с водителем, которая соответствует общему характеру выполняемых им действий. Сигнал должен быть достаточно сильным, чтобы дойти до сознания тех водителей, которые впервые встречаются с данной системой или временно отвлеклись, например, разговором с пассажирами. Звуковые сигналы неприемлемы — в некоторых автомобилях будут закрыты окна, — поэтому должны быть найдены очень заметные визуальные или тактильные сигналы. Возможно, потребуется провести специальные теоретические или практические исследования, чтобы сделать выбор между такими альтернативами, как обычный светофор, шлагбаум, неровности дороги или какие-то другие очевидные препятствия движению.

в) Разработать вспомогательные устройства.

Вспомогательные устройства включают любые устройства, которые помогают сократить время обучения до приемлемого уровня. В данном случае время обу-

чения практически должно быть равно нулю. По-видимому, придется экспериментальным путем отыскать такую систему указателей на подъездах к автостоянке, чтобы, скажем, 999 из 1000 водителей, впервые увидев их, уяснили себе особенности системы настолько хорошо, чтобы избежать наиболее серьезных ошибок — не подъезжали на слишком высокой скорости и не останавливались в замешательстве, не доехав до фотоэлемента.

г) Разработать методы обучения.

Хотя система, очевидно, должна быть спроектирована так, чтобы она действовала достаточно хорошо даже при "нулевом" обучении водителей, полезно все же предусмотреть какие-то меры для обучения водителей правилам пользования системой, что позволит снизить вероятность неприятных происшествий. В таком случае правила поведения при въезде на автостоянку можно было бы включить в программу обучения вождению автомобиля.

5. Определить, какие изменения необходимо внести, чтобы обеспечить совместимость между человеком, машиной и средой.

Чтобы выявить неувязки между возможностями человека-оператора и потребностями системы, необходим эргономист

(специалист по инженерной психологии). По-видимому, такой анализ совместимости невозможно выполнить до того, как система будет разработана настолько детально, что можно будет воспроизвести ее основные части в действующих моделях и воспользоваться существующими методами прогнозирования реакций человека (разд. 9.6). Разница между методами классической эргономики и методами проектирования систем человек — машина заключается в том, что во втором случае исследование совместимости проводится с учетом целей, затрат, сроков окончания работ и требований ко всей системе. Когда используются эти системные критерии, гораздо яснее становятся преимущества метода, в котором технические решения приспособляются к достоинствам и недостаткам человека, в отличие от метода, когда возможности человека изучаются "классически", т.е. в далеких от реальности лабораторных условиях.

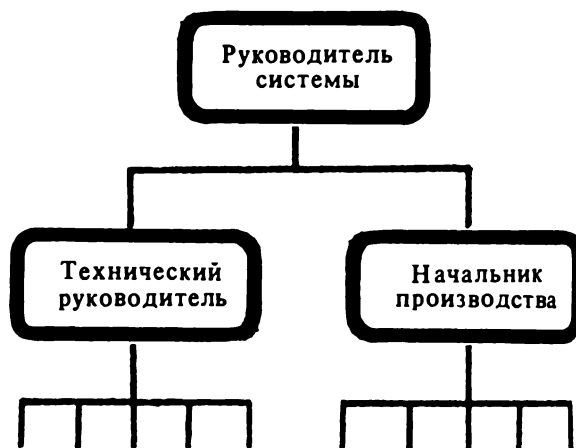
В примере с разработкой системы управления автостоянкой поиск неувязок между человеком и машиной можно было бы начать с составления детального перечня последовательных событий. Затем нужно в деталях определить информацию, затраты времени и технические устройства, необходимые человеку для выполнения каждой порученной ему операции. При этом, может быть, выяснится, что некоторые переменные — например кривизна дороги на подъездах к автостоянке, интенсивность транспортного потока в часы "пик" и т.д. — имеют решающее значение. Тогда придется проводить натурные испытания, чтобы установить максимальную кривизну дороги, при которой невнимательный водитель останавливается достаточно близко к автомату для выдачи контрольных талонов. Возможно, придется также перераспределить некоторые подфункции между человеком и машиной; например, для того, чтобы точно выдерживать расстояние от автомобиля до автомата, можно предусмотреть высокий бордюр, который бы накладывал ограничение на поперечное положение автомобиля.

Замечания

Пример автостоянки был выбран лишь потому, что его легко описать в немно-

гих словах. Однако существуют системы, в которых добиться согласованности между возможностями человека и машины намного сложнее. Примерами могут служить дорожное движение с характерными для него частыми авариями; телефонная система, в которой абонент часто проявляет нервозность, а телефонистка перегружена работой; технические библиотеки, где так трудно получить конкретную информацию из хранилища в тот момент, когда она необходима.

Трудно назвать большую систему, которая была бы разработана по изложенной здесь методике и в то же время с самого начала была бы свободна от вполне предвидимых неувязок между человеком и машиной. Возможно, многие подсистемы в области пилотируемых космических полетов приближаются



к этому уровню, но даже здесь в работе человека многое недоумано. Новые формы массового обслуживания, такие, как места отдыха и развлечения, крупные магазины, системы регулирования дорожного движения, системы учебного телевидения, больницы, многопериферийные вычислительные системы, все шире предоставляют возможность и выдвигают необходимость проектирования систем человек — машина. Внедрению этого метода мешают чисто субъективные препятствия: лишь немногие из тех, кто финансирует разработку новых систем, знают о существовании методик, исключаящих такие дефекты систем, как высокая частота аварий, высокая стоимость обучения и недостаточная гибкость системы.

Принцип поиска, на котором постро-

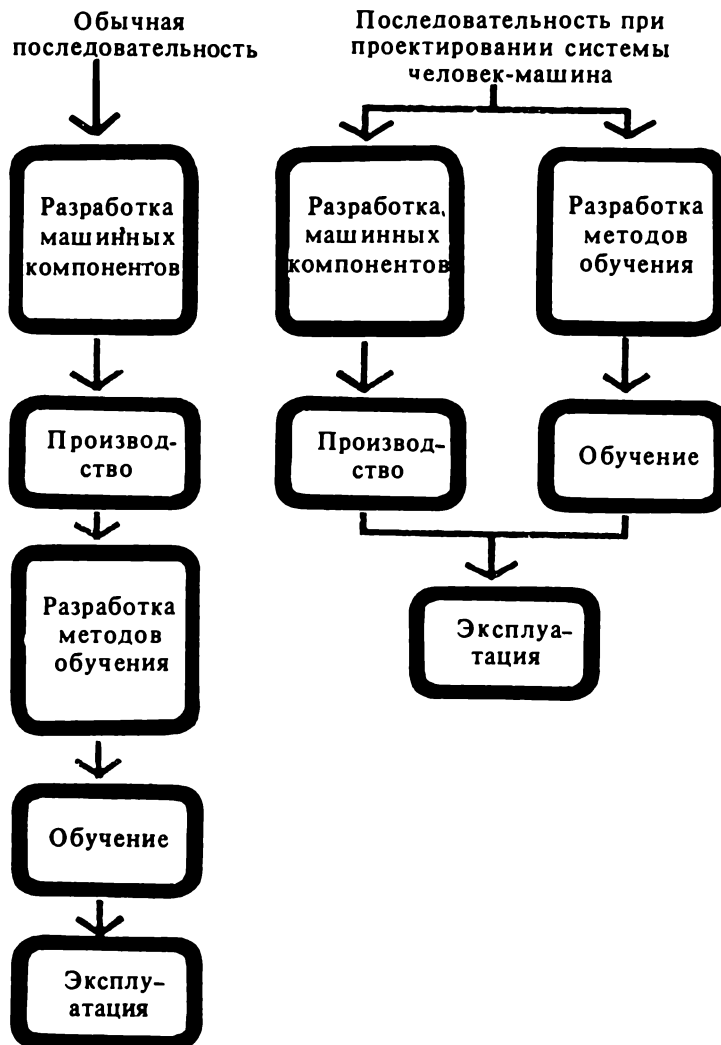


Рис. 7.11

ено проектирование систем человек — машина, заключается в том, чтобы в самом начале, а не на более поздних этапах отыскать сведения об устойчивых, стабильных элементах, которые бы *не изменялись* в зависимости от решений проектировщика. Характеристики человека относятся к этому типу: их можно учесть при тщательном продумывании проекта, но их невозможно изменить в ходе проектирования. С другой стороны, проектировщикам машинных систем редко удастся использовать весь диапазон приспособляемости, которым располагают операторы и потребители, — обычно машинная система резко ограничивает эту приспособляемость человека. Автоматическим системам это не нужно.

Применение

Методика проектирования систем человек — машина может найти применение

при разработке любых крупных комплексов машин, а также при разработке таких систем, как библиотеки, системы обслуживания пассажиров, подготовка телевизионных программ и управленческая деятельность. Важно учесть эргономические соображения еще до того, как будут приняты какие-либо решения о физических аспектах системы. "Пространство маневрирования", необходимое для получения оптимальных результатов эргономических исследований, достаточно обширно, но использовать его обычно удастся только после того, как в организации работ по проекту будут произведены соответствующие изменения, например когда начальник отдела кадров и главный конструктор будут подчинены руководителю системы человек — машина.

Одно из неоспоримых достоинств проектирования человеческих аспектов

системы параллельно, а не последовательно с разработкой оборудования заключается в том, что при этом резко сокращается промежуток времени от момента принятия решения о начале проектирования до момента, когда начинается эффективная работа системы (рис. 7.11). Кроме того, в этом случае постепенный эволюционный переход от одной конструкции к другой методом проб и ошибок сменяется быстрой разработкой оборудования под влиянием параллельного исследования реакций потребителя.

Обучение

Этот метод пока еще очень молод, он известен лишь в общих чертах и опытных специалистов имеется очень мало. Его применение нужно начинать с приглашения консультантов или штатных работников, обладающих опытом обучения этому предмету, причем им нужно предоставить возможности для совершенствования методики путем постановки полномасштабных экспериментов с проектированием подсистем.

Стоимость и время

Затраты времени и средств на проектирование систем человек — машина, когда оно служит вступлением к проектированию другими методами, как правило, окупаются благодаря сокращению крупных затрат и длительных задержек, которые обычно наблюдаются, когда системы разрабатываются на чисто механической основе. Дополнительные затраты и задержки, связанные с административным обеспечением необходимого "пространства маневрирования" и с полным развертыванием работ бригады для проектирования системы, могут достигать весьма значительных размеров.

Библиография

Фогель [60], Гань [61], Джонс [62], Синглтон [63].

7.5. Поиск границ

Цель

Найти пределы, в которых лежат приемлемые решения.

План действий

1. Составить полное описание основных технических требований, которыми определяется искомый размер.
2. Как можно точнее определить интервал значений, в котором заключена неопределенность.
3. Изготовить действующую модель, позволяющую регулировать основные параметры технических требований в интервале неопределенности.
4. Провести эксплуатационные испытания, чтобы найти предельные размеры, между которыми заключена область нормальной работы изделия.

Пример 1 (с отступлениями в область стратегии поиска)

Найти минимальную толщину формованного полипропиленового стула (рис. 7.12).



Рис. 7.12.

Здесь описана методика, которой пользовалась фирма "Пел" (г. Бирмингем, Англия). Более подробно она изложена Харпером [64]. Эта методика получила широкое распространение при проектировании формованных изделий сложной конфигурации из нежестких пластмасс, для которых трудно расчетным путем определить деформацию под нагрузкой. (Размеры и процентные отношения, приведенные в этом примере,

выбраны ориентировочно для иллюстративных целей, так как получить в фирме точные цифры по завершении работ оказалось затруднительным.)

1. Составить полное описание основных технических требований, которыми определяется искомый размер.

В данном случае эксплуатационные требования заключаются в следующем: стул должен сохранять удобный профиль сиденья, а рабочие нагрузки не должны приводить к образованию трещин и остаточной деформации. Описание эксплуатационных условий могло бы иметь следующую форму:

а) стул предназначен для использования

деформациям, при которых сидящий ощущал бы явное неудобство или неуверенность;

в) остаточные деформации после трех лет нормальной эксплуатации ни в одной точке не должны превышать 7,5 мм;

г) после трех лет нормальной эксплуатации допускаются только такие трещины, которые незаметны сидящему и практически не влияют на прочность.

2. Как можно точнее определить интервал значений, в котором заключена неопределенность.

Проектировщику никогда не приходится начинать работу при полной неопределен-

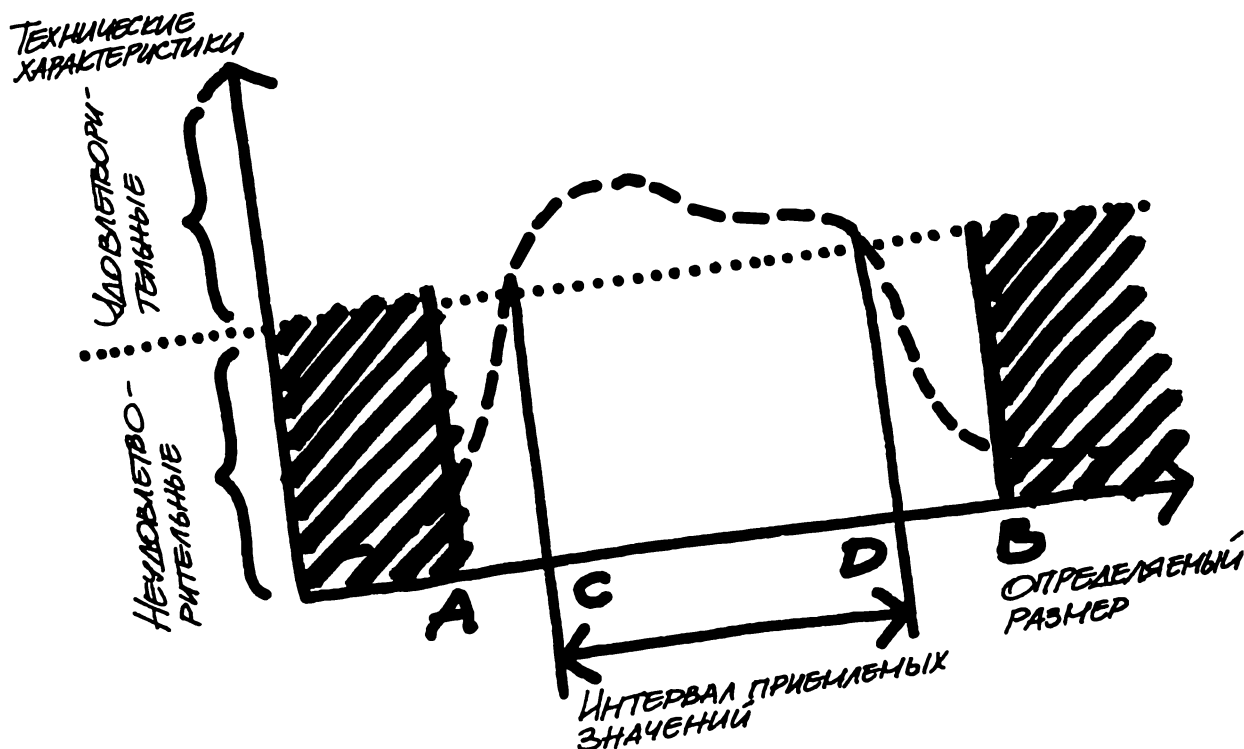


Рис. 7.13

в недорогих ресторанах и кафе, в качестве переносной мебели в клубных залах и как мебель для посетителей в учреждениях;

б) он должен противостоять упругим

ности: он всегда может выбрать некоторые экстремальные значения, которые будут заведомо чересчур велики или чересчур малы, чтобы удовлетворять техническим требованиям. Однако он не знает, как далеко от приемлемого интервала

лежат эти экстремальные значения.

Штриховой кривой на рис. 7.13 показано, как могут изменяться технические характеристики при изменении определяемого размера в широких пределах. Фактический интервал приемлемых значений занимает лишь небольшой участок, на котором кривая лежит выше горизонтальной линии, указывающей нижнюю границу зоны удовлетворительных технических характеристик. В начале работы проектировщик уверен только в том, что кривая, по всей видимости, не может лежать над уровнем удовлетворительных значений на двух заштрихованных участках; но он совершенно не представляет себе, где именно она лежит. Поэтому первый его шаг должен быть таков: исходя

техническим заданием не предусмотрено обеспечение оптимальных технических характеристик изделия (для этого пришлось бы находить пиковое значение кривой), а просто задан приемлемый минимум, то проектировщику нет необходимости проводить дорогостоящую, а подчас и неосуществимую работу по отысканию истинной формы кривой. Кроме того, в процессе определения приемлемого минимума проектировщик находит интервал приемлемых значений, который даст ему *пространство маневрирования* для разрешения конфликтов в конструкции (разд. 11.3 "Анализ взаимосвязанных областей решения").

Как видно из гипотетических кривых, приведенных на рис. 7.14, иногда в

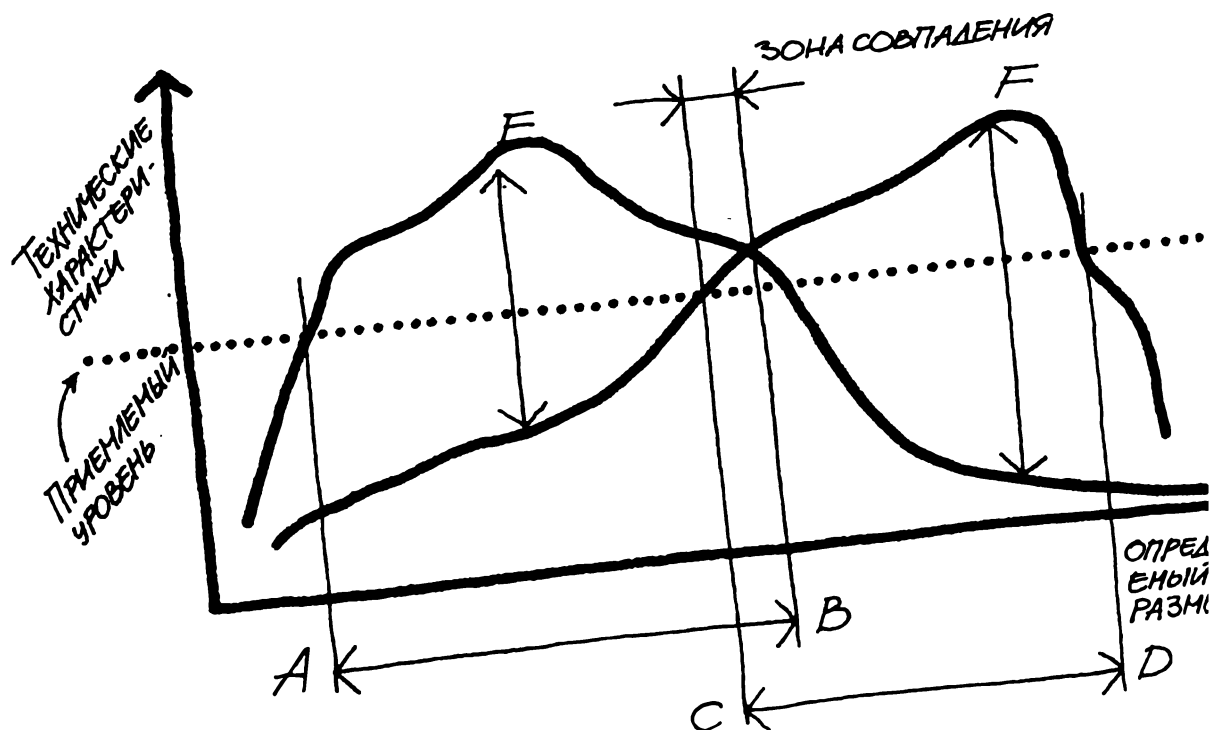


Рис. 7.14

из опыта и здравого смысла, задать конкретные значения точкам A и B. После этого задача проектировщика сводится к тому, чтобы отыскать хотя бы одно приемлемое значение и по возможности определить положение точек C и D, ограничивающих интервал приемлемых значений. Необходимо отметить, что если

стремлении получить максимально высокие технические характеристики по одной переменной можно резко снизить характеристики изделия по другой переменной (точки E и F). Только в зоне совпадения BC, где обе кривые лежат выше приемлемого уровня технических характеристик, можно получить удовлетвори-

тельное конструктивное решение. Если техническое задание (которым определяется приемлемый уровень) составлено правильно, потребитель изделия не заметит небольшой разницы между оптимальным и приемлемым уровнями технических характеристик. Эти оптимальные (пиковые) значения, когда они действительно существуют, обычно представляют только академический интерес.

При проектировании пластмассового стула диапазон толщин, относительно которого существует неопределенность, вначале мог определяться следующими соображениями:

а) Заранее можно было вычислить максимальную среднюю толщину сиденья, превышение которой привело бы к значительному возрастанию затрат на материал, несовместимому с запланированной ценой изделия. В данном случае эта толщина составляла приблизительно 15 мм. Это значение соответствует точке В на рис. 7.13. Сокращение средней толщины даже на один миллиметр значительно повысило бы доходы фирмы.

б) Минимальная толщина, которая уже не гарантирует отсутствия остаточных деформаций и трещин, была известна и составляла 2,5 мм. Это соответствует точке А на рис. 7.13.

Задача конструктора, таким образом, заключалась в том, чтобы найти приемлемую толщину в интервале между 2,5 и 15 мм ценой ограниченных затрат времени и средств на проведение поиска. Это было непросто, так как, насколько конструкторам было известно, отсутствовал удовлетворительный способ расчета или моделирования характеристик формованного изделия такого рода, а стоимость инструмента была слишком высока, чтобы можно было изготовить несколько пресс-форм, а затем провести испытания полученных в них изделий различной толщины.

Фирма "Пел" воспользовалась стратегией *ступенчатого поиска* (поиска методом приращений). При этом вначале изготавливали изделие заведомо недостаточной толщины, проводили его испытания, в местах разрушения увеличивали

толщину, снова испытывали и снова увеличивали толщину и так до тех пор, пока изделие не перестало разрушаться при испытаниях. Эта стратегия оказалась возможной потому, что пресс-форму можно сконструировать таким образом, чтобы впоследствии по мере необходимости можно было срезать с нее еще немного металла, увеличивая тем самым толщину формуемой детали. Обратный процесс невозможен из-за высокой стоимости изготовления вкладышей в пресс-форму и из-за неровностей, образующихся на поверхности изделия на краях вкладышей.

У такого ступенчатого поиска, к сожалению, есть свой недостаток: найденная с его помощью минимальная приемлемая толщина, вероятно всего, будет больше, чем она могла быть, если бы к каждому увеличению толщины приспособлялась вся конструкция стула. Харпер [64] сообщает, что фирма "Хилл" (г. Уотфорд, Англия) сконструировала аналогичный стул, не прибегая к ступенчатому поиску. Эта фирма добилась увеличения прочности изделия, которое первоначально оказалось слишком тонким, следующим способом:

а) вначале решено было игнорировать соображение удобства, сосредоточив внимание на придании изделию более жесткой конструкции;

б) затем экспериментальная пресс-форма была сдана в утиль, а на базе полученного опыта была разработана другая конструкция, обеспечивающая достаточную комфортность и прочность при меньшей толщине, чем у стула фирмы "Пел".

Формованная деталь весила у фирмы "Хилл" значительно меньше, чем у фирмы "Пел", и эта разница могла дать заметное снижение себестоимости в условиях массового производства. Это преимущество, однако, было получено ценой дорогостоящей пресс-формы и потери по меньшей мере года на освоение технологии. Ступенчатый поиск — это, несомненно, дешевый и надежный прием, но он далеко не всегда приводит к оптимальной (в данном случае самой легкой) конструкции.

3. Изготовить действующую модель, позволяющую регулировать основные параметры технических требований в интервале неопределенности.

На предыдущей стадии ставилась задача сузить интервал неопределенности, чтобы сократить затраты времени и средств на поиск минимально приемлемой толщины. Для фирмы "Пел" интервал неопределенности лежал примерно между 2,5 и 15 мм.

При моделировании необходимо воспроизвести как характеристики разрабатываемого объекта, так и характеристики среды, в которой он должен работать. Выше уже говорилось, что фирма "Пел" не смогла найти удовлетворительный способ моделирования для формованного изделия сложной конфигурации. Ее специалисты решили воспроизвести разрабатываемый объект в виде полномасштабной модели, которая имела все характеристики реального объекта, кроме толщины. Первое опытное изделие имело среднюю толщину около 6,4 мм (а это значит, что первое приращение толщины составило $6,4 - 2,5 = 3,9$ мм). Ясно, что чем больше это и последующие приращения, тем меньше будут затраты на поиск, но тем больше будет в то же время и риск просчитать далеко за оптимум и, следовательно, сразу увеличить массу и стоимость готового изделия. Чтобы определить необходимую величину приращения, нужно сопоставить расходы на поиск с расчетными убытками от ухода за оптимальную толщину. Приращения не обязательно будут равновеликими: вначале они могут быть достаточно большими, уменьшаясь по мере того, как чувствуется приближение к цели.

Вопрос о моделировании условий эксплуатации стульев фирма "Пел" решила очень просто. Она приняла метод прочностных испытаний, установленный официальными стандартами для школьных деревянных стульев, полагая, что в школе с мебелью наверняка обращаются хуже, чем в ресторанах, клубах и учреждениях, для которых предназначались разрабатываемые фирмой стулья.

Рискованность такого подхода была установлена фирмой "Хилл", которая тоже сначала пользовалась методом испытаний. Она обнаружила, что стулья, выдер-

жавшие официальные испытания, установленные для школьной мебели, не выдерживали все же реальных эксплуатационных условий, и их пришлось изъять. Была разработана новая методика испытаний, а пресс-форма и конструкция изделия претерпели новые изменения.

Обнаружившаяся в данном случае неприемлемость методики испытаний, разработанной для школьной мебели, может иметь две причины:

а) стулья, отличающиеся от традиционных по форме и материалу, могут проявлять чувствительность к каким-то видам рабочих нагрузок, которые не являются критичными для стульев традиционной конструкции;

б) рабочие нагрузки могут зависеть не только от потребителя, но также от массы, формы и пластичности самого стула.

Из обеих гипотез следует, что эксплуатационные условия для конструкции не являются постоянными, а изменяются *в зависимости от конструкции*. При разработке методики испытаний и моделирования эксплуатационных условий всегда лучше исходить из этого предположения и направить часть усилий проектировщиков на наблюдение и измерение тех эффектов, которые возникают в эксплуатационных условиях при изменении конструкции. Очень трудно убедить себя отказаться от привычной мысли, что требования не зависят от того, каким способом они будут удовлетворены. Можно ли было предвидеть рабочие нагрузки, не изготовив пресс-формы для новой конструкции стула? Вероятно, можно было найти дешевую модель и изучить на ней, как малая масса стула и его новая форма влияют на поведение сидящего и, следовательно, на характер нагружения. Для этого не обязательно было бы в точности воспроизводить в модели поведение конструкции стула. С другой стороны, зависимость нагрузок от пластичности и чувствительности новой конструкции к нагрузкам, которые не существенны для традиционных стульев, вряд ли можно было смоделировать без изготовления пресс-формы и формования стула из намеченного материала. В этом случае каждый новый стул увели-

ченной толщины нужно было бы использовать, во-первых, для того, чтобы выявить характер и размеры рабочих нагрузок, а во-вторых, в качестве опытного образца для многократного применения. Всегда хочется (но не всегда целесообразно) потратить время и средства на разработку модели *предполагаемых* условий вместо того, чтобы в первую очередь заняться более важным делом — *определить и измерить* сами эти условия (гл. 12 "Методы оценки").

4. Провести эксплуатационные испытания, чтобы найти предельные размеры, между которыми заключена область нормальной работы изделия.

Фирма "Пел" проводила ускоренные ресурсные испытания при действии двух рабочих нагрузок. Эти испытания должны были соответствовать нескольким годам интенсивной эксплуатации. Они проводились всякий раз, когда толщина формованной детали увеличивалась. Удовлетворительные характеристики были получены при толщине около 11,5 мм. Место и величину каждого следующего утолщения определяли отчасти по показаниям тензодатчиков, укрепленных в некоторых местах на сиденьи, а отчасти исходя из знаний о том, как конфигурация пресс-формы влияет на скорость течения и затвердевания полипропилена. Вопрос о комфорте и неуверенности сидящего из-за деформации стула под нагрузкой, по мнению конструкторов, не заслуживал специального внимания: они исходили из того, что пластичность стула должна увеличивать его удобство.

Проектирование этого стула методом ступенчатого поиска шло в основном в соответствии с планом. Получившееся в результате изделие пользовалось большим спросом.

Пример 2

Найти оптимальную высоту верхнего и нижнего краев нерегулируемой классной доски.

Здесь описано два метода. Первый из них, "метод примерок", более полно описан Джонсом [65]. Второй, "системные испытания", приводится ниже (разд. 9.7).

1. Составить полное описание основных технических требований, которыми определяется искомый размер.

Предположим, требуется организовать серийное производство нового типа классной доски, причем высокая стоимость оснастки и инструмента не позволяет изготавливать доски специальных размеров по заказу. Необходимо установить стандартную высоту, поэтому важно определить такой размер, который удовлетворял бы большинство потенциальных потребителей.

В техническом задании на проектирование должны быть указаны основные условия, определяющие высоту доски. Уже из краткого ознакомления с условиями в лекционных залах, аудиториях и школьных классах можно сделать вывод, что основное требование заключается в том, чтобы верх доски был расположен достаточно высоко для высоких людей, когда они пишут на доске, а низ — достаточно низко для людей небольшого роста. (Для упрощения примера здесь не учитывается возможность того, что, когда преподаватель низкого роста пишет в нижней части доски, часть аудитории не видит написанного.) После этого остается найти ответ на два вопроса:

- Каков максимальный и минимальный рост людей, пользующихся доской?
- По каким показателям можно судить, что высокому или низкорослому человеку доска не подходит по высоте?

Частичным ответом на первый вопрос могут послужить данные о распределении взрослых и детей по росту в тех странах, где предполагается продавать разрабатываемые доски. При этом получится очень большой разброс данных, скажем от 193 см у самых высоких мужчин до 100 см у школьников. Этот разброс можно значительно уменьшить, если считать, что почти все, кто пользуется доской, будут находиться в определенных возрастных пределах и что одним процентом самых высоких и той же долей самых низких можно пожертвовать, поскольку им требуется большая площадь доски, которая будет бесполезной для остальных 98 %. После принятия этих двух решений может оказаться, что доской будут пользоваться люди ростом от 153 до 188 см.

На второй вопрос можно ответить, прибегнув либо к *субъективному* критерию, например опрашивая людей, устраивают ли их размеры доски, либо к *объективному* критерию, например измеряя самый высокий и самый низкий уровни записей на доске, занимающей всю стену от пола до потолка.

Если нас удовлетворит *субъективный* критерий, то техническое задание можно сформулировать так:

А. Верхний и нижний края классной доски должны находиться на таких уровнях, которые люди ростом 153 и 188 см, регулярно пользующиеся классной доской, признают удобными.

Если же мы предпочтем *объективный* критерий, техническое задание может иметь такую форму:

Б. Верхний край классной доски должен находиться на уровне, ниже которого расположены 95% знаков и изображений, нанесенных человеком ростом 188 см на доску, верхний край которой выше пределов досягаемости этого человека. Нижний край должен находиться на уровне, выше которого расположены 95% знаков и изображений, нанесенных человеком ростом 153 см на доску, доходящую до пола.

2. Как можно точнее определить интервал значений, в котором заключена неопределенность.

Это уже сделано в формулировке Б технического задания, из которой следует, что экспериментальная классная доска должна простирается от пола до уровня, превышающего максимальную вертикальную досягаемость для руки человека ростом 188 см. Ясно, что приемлемые пределы будут лежать в этой зоне неопределенности. Правда, кроме того, здесь появляется еще и центральная зона — приблизительно от 115 до 165 см — за пределами которой должны лежать верхний и нижний края доски.

3. Изготовить действующую модель, позволяющую регулировать основные параметры технических требований в интервале неопределенности.

Для вариантов А и Б технического задания требуются действующие модели различных типов.

Вариант А предполагает изготовление экспериментальной классной доски, которую можно было бы легко и просто регулировать по высоте, устанавливая ее верхний край на уровне, например, от 165 до 255 см, а нижний на уровне от 0 до 115 см. Такую модель изготовить сравнительно несложно либо сконструировав скользящую доску, либо используя регулируемые "маски" на неподвижной доске, занимающей всю стену от пола до потолка.

Техническое задание в варианте Б требует лишь того, чтобы экспериментальная доска простиралась от пола до уровня 225 см (что значительно выше максимальной вертикальной досягаемости руки человека ростом 188 см).

Моделировать деятельность человека у доски, пожалуй, будет труднее, чем моделировать новую конструкцию самой доски. Трудность заключается в том, чтобы выбрать задания, репрезентативные для огромного многообразия надписей, графиков, таблиц и т.д., которые в реальной жизни появляются на классных досках. Полезным методом здесь оказалась бы регистрация состояний, в которых доски остаются после уроков или лекций в различных учебных заведениях. Это позволит узнать, например, занимают ли по вертикали больше места графики или текстовые материалы, насколько велика разница между преподавателями различных дисциплин или между отдельными людьми в их требованиях к вертикальным размерам доски. Можно также пронаблюдать за преподавателями и лекторами во время работы, попросить их высказать свои требования и узнать их мнения о существующих досках, у которых, по мнению конструкторской бригады, верхний край расположен слишком низко или нижний — слишком высоко. Проводя это краткое исследование, можно отобрать несколько типичных графиков и (или) текстовых записей для нанесения на доску при последующих опытах. Испытуемыми в этих опытах должны стать люди заданного роста, причем желательно, чтобы часть их имела большой опыт пользования классной доской, а другая была неопытна в этом отношении. Количество испытуемых того и другого типа должно быть достаточно большим, чтобы можно было сделать разумные поправки на разброс в поведенческих

Таблица 7.3

РЕГУЛИРУЕМЫЙ РАЗМЕР, мм	↑ РЕГУЛИРОВКА ПО УВЕЛИЧЕНИЮ		↓ РЕГУЛИРОВКА ПО УМЕНЬШЕНИЮ	
	Вопрос	Ответ	Вопрос	Ответ
375	Так терпимо?	Нет	Так терпимо?	Нет
350	Так терпимо?	Нет	Так терпимо?	Нет
325	Так терпимо?	Нет	Так терпимо?	Да (макс.)
300	Так терпимо?	Нет	Так лучше?	Да
275	Так терпимо?	Да (макс.)	Так лучше?	Да
250	Так терпимо?	Да	Так лучше?	Да
225	Так терпимо?	Да	Так лучше?	Да (опт.)
200	Так лучше?	Нет	Так лучше?	Нет
175	Так лучше?	Да (опт.)	Так терпимо?	Да
150	Так лучше?	Да	Так терпимо?	Да
125	Так лучше?	Да	Так терпимо?	Да (мин.)
100	Так терпимо?	Да (мин.)	Так терпимо?	Нет
75	Так терпимо?	Нет	Так терпимо?	Нет
50	Так терпимо?	Нет	Так терпимо?	Нет
25	Так терпимо?	Нет	Так терпимо?	Нет

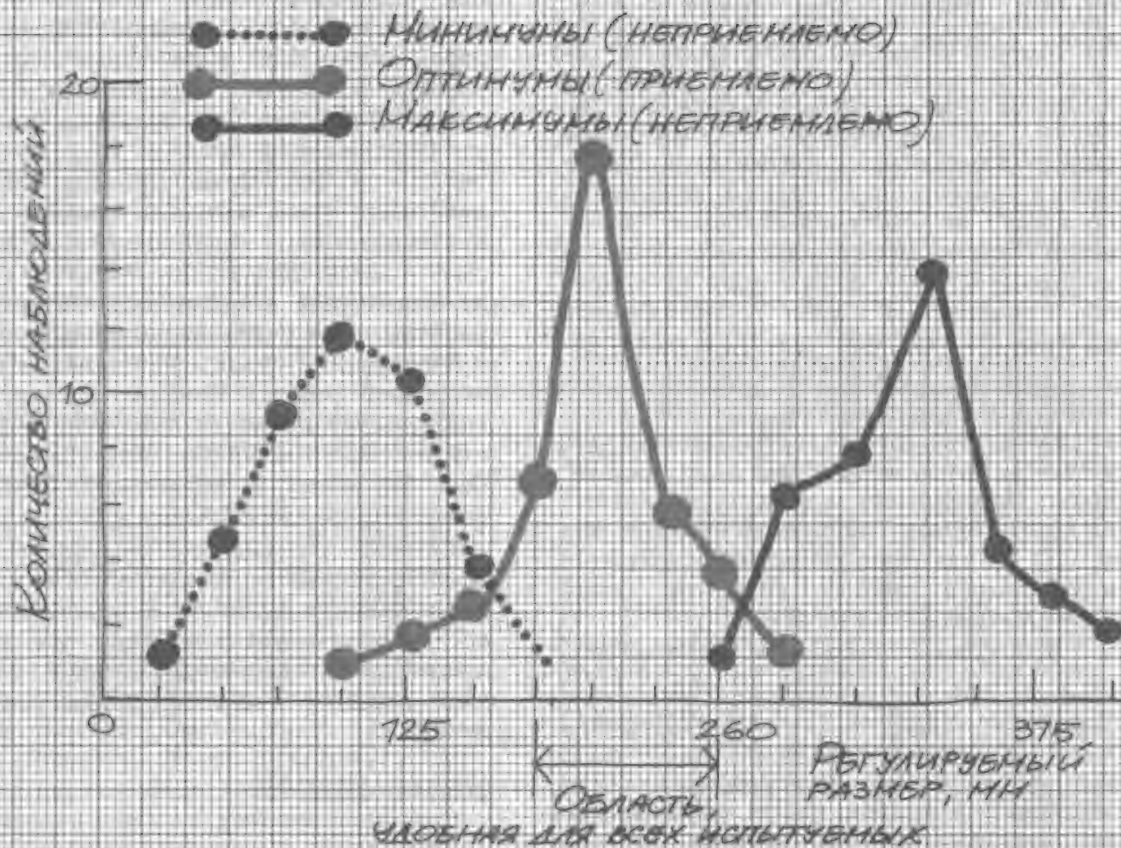


Рис. 7.15.

ких характеристиках разных людей, обнаруженный во время исследования реальной ситуации. По десять человек в каждой группе было бы, наверное, слишком много: по-видимому, вполне хватит пяти. Когда измеряются экстремальные значения человеческих характеристик, увеличение числа испытуемых обычно приводит лишь к очень незначительному уточнению результатов.

4. Провести эксплуатационные испытания, чтобы найти предельные размеры, между которыми заключена область нормальной работы изделия.

Техническое задание в варианте А требует особой формы объективных испытаний, известной под названием "метод примерок" (полнее он описан в книге Джонса [65]). Этот метод, применяемый для определения размеров рабочего места, в принципе заключается в том, что испытуемых, представляющих потребителей разного роста, ставят в ситуацию, которая соответствует реальной ситуации во всех основных аспектах, кроме одного — того, который подвергается регулированию. Регулируемый размер изменяется короткими приращениями (обычно по 25 мм) от "чрезмерно больших" до "чрезмерно малых" значений и обратно. После каждой регулировки испытуемому задают один из вопросов, приведенных в табл. 7.3, на которые он отвечает "да" или "нет". Он выполняет заданные стандартные действия при каждой наладке системы — в данном случае изображает у края доски типовой график или текст, выбранный на этапе 3 работы. Переналадку с одного положения на другое нужно выполнять не более чем за 10 с, так как ощущения, которые испытуемого просят сравнить, очень быстро стираются в памяти.

Результаты "примерок" фиксируются в форме, показанной на рис. 7.15, с указанием минимальных, максимальных и оптимальных размеров доски для каждого испытуемого. Задача конструктора заключается в том, чтобы найти интервал, который был бы удобным для всех или для подавляющего большинства испытуемых. Оптимум используется только тогда, когда конструктору не придется вторгаться в зону, неудобную для

кого-либо из испытуемых, чтобы добиться компромисса между противоречивыми целями проектирования. Если кривые распределения плотности вероятности для максимумов и минимумов перекрывают одна другую, конструктору остается пространство маневрирования "отрицательной ширины". В таком случае приходится либо поступиться удобствами некоторой части потребителей, либо выпускать несколько размеров изделия, либо же дать потребителю возможность самому регулировать данный параметр изделия.

Определяя высоту классной доски, нужно регистрировать только максимальную высоту нижнего края доски и минимальную высоту ее верхнего края.

Если техническое задание сформулировано в варианте Б, то в ходе испытаний придется меньше отходить от реальных условий, т.е. испытания проводятся более *системно* (разд. 9.7 "Системные испытания"). Все испытуемые должны быть преподавателями или лекторами, чтобы они могли успешно действовать перед аудиторией, а не только в лабораторных условиях. Опытный класс или лекционный зал оборудуется доской, занимающей всю стену от пола до высоты 250 см. Подбирают преподавателей и лекторов, рост которых максимально приближается к заданному (153 и 188 см). (Здесь, возможно, придется пойти на некоторый компромисс, если среди работающих с учащимися преподавателей и лекторов не удастся найти людей необходимого роста.) Каждого из испытуемых просят провести одно или несколько занятий, требующих интенсивной работы на доске, а наблюдатель фотографирует доску всякий раз, как она будет заполнена. По анализу фотоснимков и после внесения в них поправки на отклонение фактического роста преподавателя от заданного устанавливают уровни, в пределах которых будет лежать 95% самых верхних и самых нижних изображений.

Замечания

Поиск границ — типичный пример "исследования", о котором шла речь в гл. 4 и 5. Он направлен на то, чтобы:

а) уменьшить риск того, что придется

заново проводить проектирование или списывать в убытки затраты на оснастку и инструмент, когда на поздних стадиях будут обнаружены ошибки;

б) обеспечить "оперативный простор" при увязке предельных размеров друг с другом и при сглаживании противоречий между ними;

в) получить проектную информацию, которую можно использовать при разработке не только первого варианта конструкции, но и ее последующих модификаций, что позволит сократить средние расходы на разработку каждой конструкции в данной серии изделий, не жертвуя ее техническими характеристиками.

Фактов, убедительно свидетельствующих о том, что этих целей удастся достичь на практике, пока нет. Зато известно так много случаев, когда их (с огромным ущербом для всех заинтересованных сторон) явно не удалось достичь, что, пожалуй, есть прямой смысл воспользоваться этим методом. Однако цели "а", "б" и "в", по-видимому, так и останутся недостижимыми, если не сформулировать четко задачу и не организовать сознательный поиск предельных размеров. Поиск границ — это скорее экспериментальный, чем логический метод, и в этом отношении он отличается от большинства "методов проектирования"; однако это один из самых полезных и практичных методов среди всех описанных в этой книге.

Может возникнуть впечатление, что трудоемкость исследований, описанных в этих примерах, особенно в примере с классной доской, непропорциональна получаемым результатам. Это значит, что, сделав доску сверху и снизу, скажем, миллиметров на 50 больше, чем нужно, изготовитель понесет гораздо меньше убытков, чем при проведении описанных здесь испытаний, занимающих несколько человеко-недель. Однако, если, как сказано в примере, доску предполагается выпускать в массовом количестве, исследовательская работа в указанном объеме на деле окажется недорогой страховкой от таких неприятностей, как, например, 5%-ное увеличение затрат на материалы, которые уходят на изготовление неис-

пользуемой части доски, или крупный ущерб в связи с необходимостью переоснащения массового производства, если размеры доски окажутся слишком малыми для потребителей.

Если сравнить приведенные примеры между собой, можно заметить, что системный подход (разд. 9.7 "Системные испытания") используется для решения тех частей задачи, которые не поддаются моделированию. В примере с пластмассовым стулом саму пресс-форму моделировать невозможно, поэтому пришлось испытывать реальные пресс-формы. Предполагалось (без достаточных на то оснований), что рабочие нагрузки можно определить и моделировать по стандартному методу испытаний для школьной мебели. В процессе определения размеров доски методом "примерок" при испытаниях использовались реальные люди, а единственным искусственно моделируемым параметром были размеры изделия. Предложенный здесь метод испытаний в аудитории с доской, занимающей всю стену от пола до потолка, оставляет все факторы в их реальной форме, за исключением того, что доска не имеет краев. Быть может, стоило бы провести испытания еще одного вида, ограничив размеры доски, чтобы выяснить, как изменяется поведение преподавателей и учащихся, когда доска имеет слишком малые размеры. Однако такая работа относится больше к педагогическим, чем к конструкторским исследованиям, поскольку потребуются очень много времени, чтобы собрать достаточно обильный материал о результатах сравнительно небольшого уменьшения вертикальных размеров доски.

Необходимо отметить, что поиск границ в отличие от поиска одного приемлемого значения дает результаты, которыми может воспользоваться не только фирма, финансирующая это исследование, но и ее конкуренты. Поэтому поиском границ, по-видимому, целесообразно заниматься либо такой фирме, которая рассчитывает занять ключевые позиции на рынке и на один-два года обойти своих конкурентов, либо научно-исследовательской организации с независимым финансированием, либо же исследовательской ассоциации, обслуживающей целую группу фирм.

Применение

Принципы

а) ступенчатого поиска (поиска методом приращений),

б) моделирования и

в) поиска границ вместо оптимальных или единственных приемлемых значений

применимы при решении многих задач проектирования. По всей вероятности, опытные проектировщики научились в своих мыслях и суждениях исходить из этих принципов, основываясь в практической деятельности в значительной мере на собственном опыте. Однако они, видимо, не привыкли и не готовы выполнять скучную на первый взгляд работу — по строгой форме составлять описание каждого этапа, когда новизна задачи требует коллективной, а не индивидуальной разработки проекта. В таких случаях поэтапные методики типа описанных здесь должны приводить к гораздо более ценным результатам, чем не введенная в формальные рамки и неорганизованная попытка сотрудничества между проектировщиками, потребителями, администраторами и разного рода специалистами.

Обучение

Научиться поиску границ легко, если проектировщики готовы тщательно ознакомиться с инструкциями и достаточно подробно продумать свое положение, чтобы понимать, когда следует точно придерживаться изложенной в примерах методики, а когда отходить от нее. Воспользовавшись один раз методом ступенчатого поиска или методом примерок, проектировщик усвоит все, что необходимо для его применения в будущем. Желательно, чтобы на всех этапах можно было получить замечания специалиста по поиску границ; это особенно важно в начале работы, если методы используются впервые.

Стоимость и время

Организация работы по этим методикам и обработка соответствующей документации добавляют всего лишь несколько дней или недель к общей длительности процессов проектирования, которые в любом случае, чтобы иметь шансы на ус-

пех, должны занять много недель или месяцев. Метод примерок требует от 1 до 5 человеко-дней на каждый исследуемый размер в зависимости от требуемой точности и вероятных размеров ущерба от ошибки в проекте.

Библиография

Харпер [64] , Джонс [65, 66] .

7.6. Кумулятивная стратегия Пейджа

Цель

Увеличить затраты усилий проектировщиков на *анализ и оценку* (оба эти процесса носят кумулятивный и конвергентный характер) и уменьшить затраты некумулятивных усилий на *синтез* решений, которые могут оказаться непригодными, т.е. исключить необходимость разрабатывать плохие проекты, чтобы научиться создавать хорошие.

План действий

Кумулятивные этапы

1. Определить существенные цели, т.е. такие цели, достижение которых необходимо, чтобы проект удовлетворял заказчика, потребителей и всех, кого он коснется.
2. Определить внешние факторы, которые могли бы помешать достижению хотя бы одной из существенных целей.
3. Установить критерии, позволяющие однозначно судить о приемлемости проектных решений.
4. Разработать методику испытаний по каждому из критериев. Эта методика должна быть такой, чтобы:
 - а) точность результатов была не большей, чем необходимо, чтобы отличить приемлемое решение от неприемлемого;
 - б) вначале проводились испытания, затрагивающие большое число альтернативных решений, а потом те, которые затрагивают лишь несколько решений;
 - в) доля затрат на проектирование от общей стоимости проектируемого изделия не превышала заданной величины.

Некумулятивные этапы

5. Собрать обширное множество альтернативных частных решений для каждого существенного критерия и подготовить грубые модели для экстремальных решений.

6. Провести всю последовательность испытаний на этих моделях, отбраковывая после каждого испытания не выдержавшие его модели, пока не обнаружатся явные признаки сходимости к одному комплексу частных решений.

7. Разрешить внутренние противоречия конструкции:

а) путем разработки новых видов испытаний при *одновременном* воздействии нескольких факторов (при необходимости пересматривая ранее принятые решения) или

б) путем поиска путей к объединению нескольких частичных решений для устранения противоречий.

8. Остановиться на одном эскизном решении, удовлетворяющем всем существенным критериям, и *только после этого* переходить к детализовке и уточнениям.

Примеры

Разработать проект задания для учебного заведения с естественным освещением, предусмотрев возможность внесения крупных изменений в методы обучения и в учебное оборудование в течение срока службы здания.

Приведенные ниже примеры относятся к кумулятивным этапам; из некумулятивных кратко рассматривается только этап 7. Учитываются лишь некоторые из существенных критериев, которым должно удовлетворять здание.

Кумулятивные этапы

1. Определить **существенные цели**, т.е. такие цели, достижение которых необходимо, чтобы проект удовлетворял заказчика, потребителей и всех, кого он коснется.

Основные задачи по обеспечению естественного дневного освещения могут быть,

например, такими:

а) обеспечение достаточной освещенности важных зон, например доски и парт, в каждом классе, в типичный пасмурный день, при низком уровне естественного освещения;

б) гашение бликов от неба, ярко освещенных предметов, прямого солнечного света в ясные дни;

в) предотвращение перегрева помещений летом.

Среди существенных задач, позволяющих в будущем перейти на другие методы обучения, можно было бы указать на следующую:

г) возможность изменить размещение внутренних перегородок после 10 лет эксплуатации.

2. **Определить внешние факторы, которые могли бы помешать достижению хотя бы одной из существенных целей.**

Для случая цели 1а такими внешними факторами являются сезонные и суточные колебания яркости неба. Термин "типичный пасмурный день" придется заменить эквивалентом, допускающим точное определение: пасмурное небо по стандарту Международной комиссии по освещению, дающее освещенность горизонтальной поверхности в 500 лм/кв.фут (около 5400 лк). Чтобы определить наихудшие условия, необходимо выполнить измерения преобладающих условий среды, в которой должно функционировать проектируемое изделие; без таких измерений вряд ли целесообразно приступать к проектированию. Если говорить о таких существенных целях, как цель 1г, то, видимо, наихудшим из условий, которые могут встретиться в будущем, явится потребность иметь залы большой площади с открытым обзором, что позволит внедрить телевизионные методы обучения. В этом случае также нужно изучить существующие тенденции и заранее оценить, какие максимальные безопорные пролеты могут потребоваться в течение расчетного срока эксплуатации здания. Еще одно экстремальное условие заключается в том, что, возможно, потребуются в довольно широких преде-

лах менять расположение внутренних перегородок; эти пределы тоже нужно определить объективными способами.

3. Установить критерии, позволяющие однозначно судить о приемлемости проектных решений.

Критерий для уровня освещенности днем можно установить после тщательного исследования условий, обеспечивающих выполнение таких операций, как, например, чтение с задней парты записей на доске. В результате таких исследований можно установить минимально приемлемый уровень освещенности на вертикальных и горизонтальных поверхностях. Этот минимум должен быть выражен в виде интервала, а не как точное число, что обеспечит проектировщику некоторый оперативный простор.

Критерий свободной планировки можно выразить через затраты времени и средств на изменение внутренней планировки или через предельные значения длины пролета и размещения перегородок, которые допускали бы изменение методов обучения.

4. Разработать методику испытаний по каждому из критериев. Эта методика должна быть такой, чтобы:

а) точность результатов была не большей, чем необходимо, чтобы отличить приемлемое решение от неприемлемого;

б) вначале проводились испытания, затрагивающие большое число альтернативных решений, а потом те, которые затрагивают лишь несколько решений;

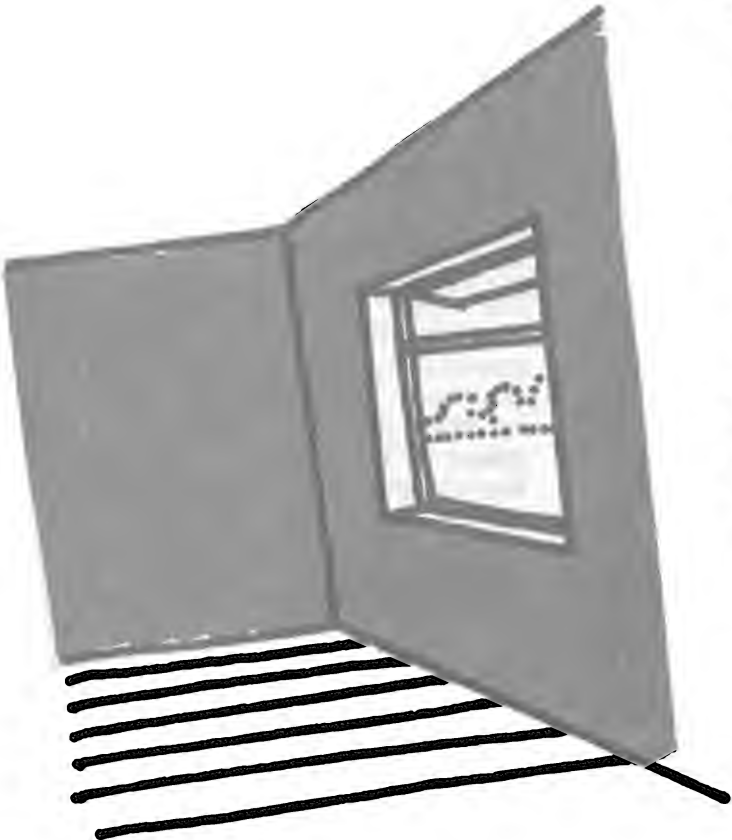
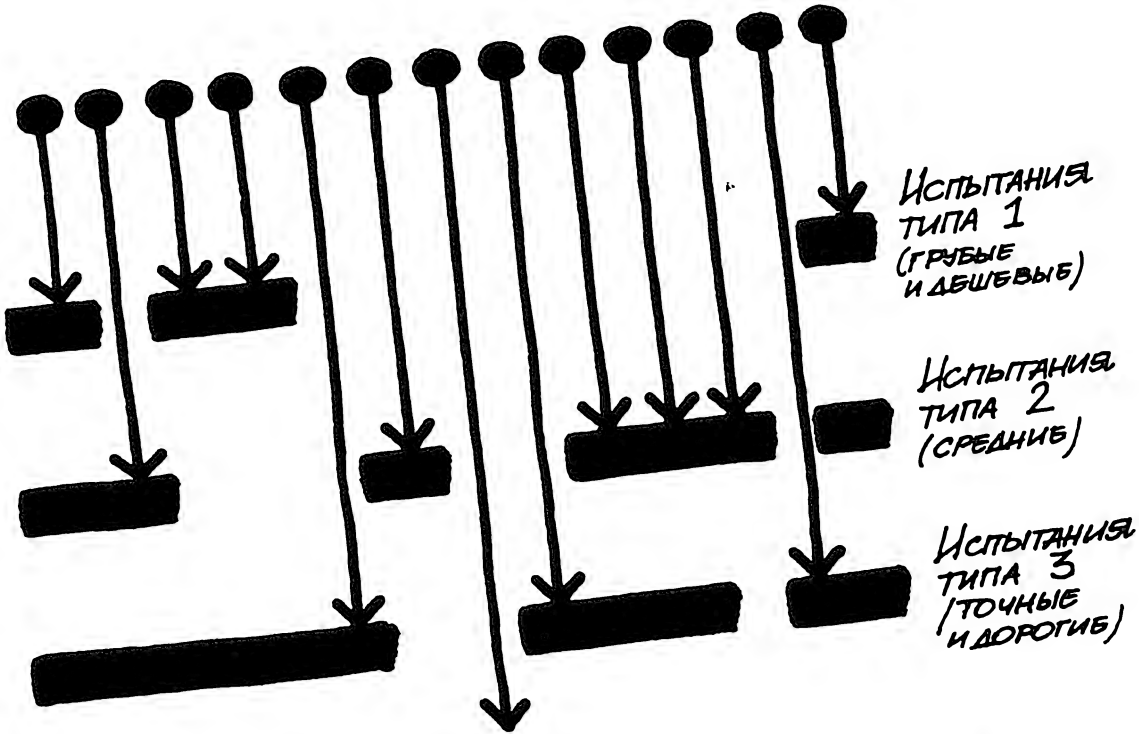
в) доля затрат на проектирование от общей стоимости проектируемого изделия не превышала заданной величины.

Чтобы провести испытания по критериям 1а — 1в, потребуются "искусственное небо" и соответствующая контрольно-измерительная аппаратура. Точность измерений при каждом испытании ограничена указанным выше критерием: ее должно быть как раз достаточно, чтобы отличить приемлемое решение от неприемлемого. Например, если уровень освещенности

при испытаниях изменяется от 30 до 50 лм/кв.фут (от 320 до 540 лк), точность измерений должна составлять 2 лм/кв.фут (22 лк), т.е. погрешность эксперимента должна быть в порядок величины ниже, чем пределы допустимой ошибки при принятии решения.

Требование проводить сначала испытания, затрагивающие большое число альтернативных решений, а потом те, которые затрагивают лишь несколько решений, будет удовлетворено, если вести испытания по пунктам 1а и 1г вначале, а по пунктам 1б и 1в потом. При разработке индивидуального проекта, рассчитанного на сооружение одного здания, расходы на проектирование по необходимости должны быть невелики, а, следовательно, на изготовление действующих моделей среды и различных вариантов проектного решения допустимы лишь ограниченные затраты времени и средств. В связи с этим придется использовать несовершенное техническое оборудование, а некоторые виды испытаний свести к сбору субъективных суждений опытных специалистов вместо того, чтобы проводить расчеты или испытания на физических моделях.

При проверке решений, касающихся возможности внутренней перестройки, приходится исходить из финансовых соображений. Нужно проанализировать, какое сокращение сроков и снижение затрат на обучение могут дать различные методы обучения, на основе этого анализа составить прогноз на десятилетний период и таким же образом провести оценку затрат на материалы и оплату труда при перепланировке здания. При экстраполяциях такого рода гораздо важнее правильно понять исходные предположения, лежащие в основе этих тенденций, и определить их устойчивость, чем провести вычисления с высокой точностью. Можно разработать математическую модель для определения стоимости различных вариантов конструкции и использовать вычисленную технику для расчета стоимости и отбора наилучших вариантов. Расходы на программирование тоже следует сократить до минимума, не требуя от расчетов более высокой точности, чем необходимо для выбора варианта. (Некумулятивные этапы 5, 6 и 8 не рассматриваются.)



7. Разрешить внутренние противоречия конструкции:

а) путем разработки новых видов испытаний при одновременном воздействии нескольких факторов (при необходимости пересматривая ранее принятые решения).

Интересным представляется проектирование окон, поскольку в этой области встречается больше конфликтов, чем при проектировании других элементов здания. Окна должны обеспечивать *освещение*, регулировать проникновение прямого *солнечного света*, создавать *укромную обстановку* в определенных зонах помещения, *приглушать блики* и слепящий свет, обеспечивать *обзор* в наиболее благоприятную сторону, *препятствовать проникновению шума* как в помещение, так и из помещения, служить для *регуляции температуры* и для *вентиляции*. Стремясь к максимальному удовлетворению одного из этих требований, можно прийти к решениям, совершенно неудовлетворительным с точки зрения других требований. Пейдж [12] считает необходимой разработку методов, которые позволяли бы графически изображать компромиссы между противоречивыми требованиями в таких случаях, как проектирование окон и аудиторий.

б) путем поиска путей к объединению нескольких частичных решений для устранения противоречий.

Именно так, разумеется, обычно и поступает изобретательный проектировщик, столкнувшись с непримиримым противоречием. Формализованный способ выполнения этой операции описан ниже (разд. 11.3). В случае проектирования окон непримиримые противоречия можно преодолеть путем обеспечения искусственного освещения и вентиляции, защиты же от нескромных взглядов добиться путем применения жалюзи, а не изменением конструкции окна. Искусственная вентиляция и — летом — искусственное охлаждение позволяют не открывать окон и тем самым устраняют проблему борьбы с шумом.

Замечания

Стратегия Пейджа преследует цель сокращения поиска методом проб и ошибок при проектировании зданий и других сложных искусственных объектов. Это попытка сократить затраты на обучение в ходе проектирования. Пока нет сведений об успешном применении этого метода в той форме, как он здесь описан, но вряд ли могут быть сомнения в том, что методы такого рода крайне необходимы. Главное, что мешает его внедрению, — это обилие взаимных зависимостей между деталями проекта и принципиальными решениями, особенно при разработке проектов зданий. Подобные взаимосвязи резко ограничивают возможности применения линейной стратегии; наверно, именно из-за этого архитекторы обычно приступают к детализовке фасада еще до того, как приняты принципиальные решения о внутреннем устройстве здания. Правда, в последнее время с появлением индустриальных методов строительства и с внедрением синтетических материалов количество внутренних зависимостей начало уменьшаться, а следовательно, появляется больше возможностей для применения кумулятивной стратегии в архитектурном и строительном проектировании. Этот метод создает условия для осознанного принятия решений и может служить базой для сотрудничества проектировщиков разных специальностей уже на ранних этапах работы над крупным проектом.

Применение

Эту стратегию можно применять во всех проектах, где имеются данные и методы измерения, позволяющие выявить существенные требования и выразить их в числовой форме, и где можно отложить принятие решений по частным вопросам без ущерба для принципиальных решений.

Обучение

Для того чтобы пользоваться этой стратегией, нужно в достаточной мере владеть принципами научных измерений, по-

этому успеха в ее применении едва ли достигнут те, кто не обладает хорошей технической или научной подготовкой и в то же время не решается доверить эту работу подготовленным специалистам. Подробное описание с примерами можно найти у Пейджа [67, 68, 70] .

Стоимость и время

Задача заключается в том, чтобы повысить технический уровень объекта проектирования, сохраняя в то же время контроль за стоимостью и сроками выполнения проекта. В случае успеха это должно привести к сокращению затрат труда, поскольку значительная их доля сейчас уходит на выполнение детальных расчетов и изготовление сложных чертежей, из которых затем многие переделываются или вовсе отбрасываются ввиду незамеченных вовремя просчетов. Часть экономии от сокращения трудозатрат может быть направлена на проведение исследовательских работ, предшествующих эскизному проектированию.

Библиография

Приведенное здесь описание метода составлено по материалам нескольких работ Дж.К. Пейджа, в которых стратегия проектирования рассматривается как один из аспектов общей проблемы проектирования зданий.

Пейдж [12, 67 – 70] .

7.7. Стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов (CASA)¹⁾

Цель

Дать возможность каждому, кто связан с проектированием здания, влиять на решения, от которых зависит как "адаптивность" здания, так и взаимная увязка его частей и деталей.

¹⁾ CASA – Collaborative Strategy for Adaptable Architecture. – *Прим. ред.*

План действий

1. Проектирование и реализация системы:

а) определить задачи системы по каждой области принятия решений;

б) выявить возможные варианты решений по каждой из этих областей;

в) принять решение по каждой из этих областей и приступить к строительству системы.

2. Проектирование и реализация подсистемы первого поколения:

а) определить задачи подсистемы по каждой области принятия решений;

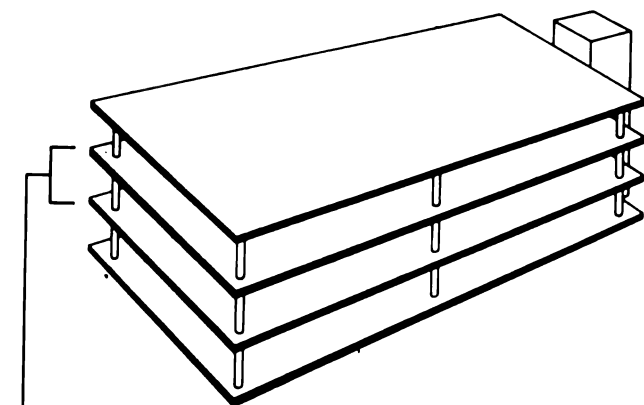
б) выявить возможные варианты решений по каждой из этих областей;

в) принять решение по каждой из этих областей и приступить к строительству подсистем первого поколения.

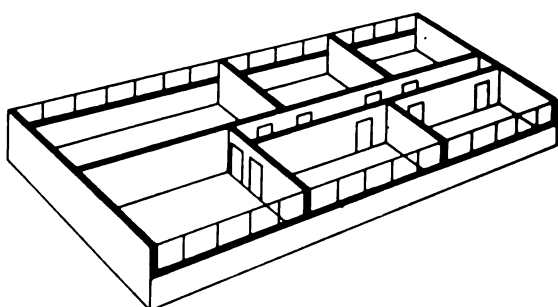
3. Проектирование и реализация подсистемы второго и последующих поколений.

Подсистемы второго и последующих поколений разрабатываются и строятся в течение срока службы здания по методике, изложенной в п.2. Одно из возможных множеств областей принятия решений приведено в табл. 7.4.

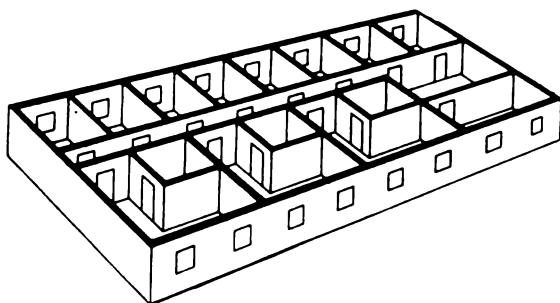
Специалисты каждого профиля (градостроители, архитекторы, инженеры-строители, нормировщики, подрядчики и т. д.) вместе с другими специалистами исследуют варианты решения. Заказчики и представители местных органов власти должны утвердить цели и варианты решения по каждой стадии, после чего в распоряжении бригады проектировщиков остается значительное "пространство маневрирования", которое используется при выборе непротиворечивого комплекса вариантов и свойств. "Систему" составляют те части и свойства здания, которые будут изменяться в течение всего срока его эксплуатации: несущие конструкции и те факторы среды, как, например, высота потолков, которые определяются выбором несущих элементов. "Подсистемы" складываются из всех факторов проектирования, которые



ПРОЕКТ СИСТЕМЫ
(план здания)



**ПРОЕКТ ПОДСИСТЕМЫ
ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ**
(план этажа)



**ПРОЕКТ ПОДСИСТЕМЫ
ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ**
(план этажа в будущем)

можно изменять в течение срока службы здания, таких, например, как расположение несущих стен, систем отопления и освещения, внутренняя и внешняя отделка, форма и размещение окон и, естественно, свойства и характер деятельности тех, кто пользуется этим зданием.

Пример

Спроектировать здание, которое на первом этапе эксплуатации служило бы до-

школьным детским учреждением, а в дальнейшем могло бы быть переоборудовано в соответствии с изменившимися требованиями к школьным зданиям.

1. Проектирование и реализация системы:

а) Определить задачи системы по каждой области принятия решений.

Заказчика просят утвердить задачи по каждой области проектирования (А–

ОБЪЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ			2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ			3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ		
	Задачи	Варианты	Решения	Задачи	Варианты	Решения	Задачи	Варианты	Решения
A Внутреннее пространство	1A	1A1 1A2 1A3		2A	2A1 2A2 2A3		3A	3A1 3A2 3A3	
B Внешние формы	1B	1B1 1B2 1B3 1B4		2B	2B1 2B2 2B3		3B	3B1 3B2 3B3	
C Структурная стабильность	1C	1C1 1C2 1C3		2C	2C1 2C2 2C3		3C	3C1 3C2	
D Инженерные сети	1D	1D1 1D2		2D	2D1 2D2 2D3		3D	3D1 3D2	
E Изоляция	1E	1E1 1E2 1E3		2E	2E1 2E2 2E3 2E4		3E	3E1 3E2 3E3	
F Благоустройство территории	1F	1F1 1F2		2F	2F1 2F2		3F	3F1 3F2 3F3	
G Стоимость	1G	1G1 1G2		2G	2G1 2G2 2G3		3G	3G1 3G2	

НАЧИНАЕТСЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ

НАЧИНАЕТСЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

НАЧИНАЕТСЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

НАЧИНАЕТСЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ

НАЧИНАЕТСЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

НАЧИНАЕТСЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

Г в табл. 7.4). Этим задачам бригада проектировщиков в целом может, например, придать следующие формулировки:

1А. Внутреннее пространство

В здании на 300 детей должны быть десять групповых комнат, зал, комната для персонала, туалеты и пр.; на первые 10 лет эксплуатации здания предусмотрены традиционные методы воспитательной работы, а в отношении методов и средств, которые потребуются в дальнейшем, пока что многое остается неясным.

1В. Внешние формы

Внешние формы должны удовлетворять ряду градостроительных требований, оставлять на участке как можно больше свободной площади для игр и отдыха и обеспечивать возможность увеличения в дальнейшем длины здания вплоть до удвоенных размеров.

1С. Структурная стабильность

Конструкция здания должна удовлетворять требованиям низкой стоимости, возможности быстрого воздействия и последующей перестановки внутренних перегородок.

1D. Инженерные сети

Должна быть предусмотрена возможность индивидуального выбора условий микроклимата и освещения в каждом групповом помещении и обеспечена возможность дополнительного монтажа новых сетей в будущем. Микроклимат и условия освещения должны отвечать наивысшим современным стандартам и допускать дальнейшее улучшение путем монтажа нового оборудования по мере устаревания исходных инженерных устройств.

1Е. Звуко- и теплоизоляция

Должно быть обеспечено снижение интенсивности звука на 45 дБ между всеми помещениями при сохранении низких расходов на отопление.

1F. Благоустройство территории

Должно быть предусмотрено все необходимое для обычных детских игр на отк-

рытом воздухе при увязке с существующими проездами и с характером грунта.

1G. Стоимость

Текущие расходы вместе с амортизацией не должны превышать заданного максимального уровня на одного воспитанника в год.

При выборе задач системы можно воспользоваться методами, изложенными в разд. 9.1, 12.2, 12.4.

б) Выявить возможные варианты решений по каждой из этих областей.

Основное отличие этой методики от традиционных приемов заключается в том, что *по каждой области принятия решений предлагается несколько вариантов конструкции*. Заказчику и представителям местных органов власти предлагается утвердить *весь комплекс* вариантов, который может быть, например, таким.

А. Несколько вариантов планировки помещений с различными схемами распределения потоков (1А1, 1А2 и т.д.).

В. Различные варианты внешней формы, например здание Е-образное в плане, здание замкнутого контура с внутренним двориком, двухэтажный блок (1В1, 1В2 и т.д.).

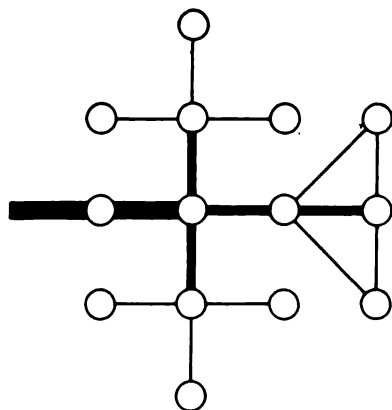
С. Различные варианты несущих элементов, например стальной каркас, бетонный каркас, деревянный каркас (1С1, 1С2 и т.д.).

Д. Различные варианты инженерных сетей, например водяное отопление от котельной на мазуте, калориферное отопление от газовой котельной, местные электронагреватели (1D1, 1D2 и т.д.).

Е. Различные варианты используемых материалов, которые могут обеспечить заданную степень изоляции (1Е1, 1Е2 и т.д.).

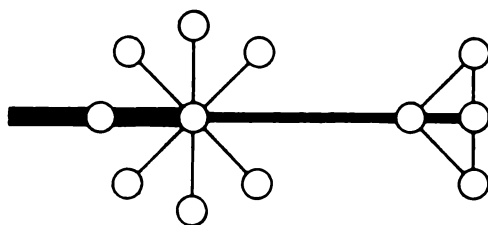
Ф. Различные варианты благоустройства территории, плана земляных работ под фундамент и конструкции фундамента (1F1, 1F2 и т.д.).

Г. Различные варианты стратегии, позволяющие сохранить стоимость в заданных пределах. Стоимость должна быть опре-



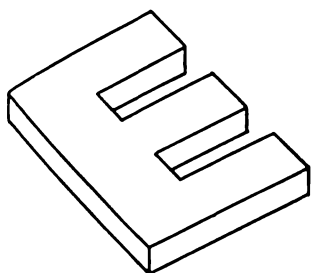
1A 1

Первый вариант схемы
распределения потоков



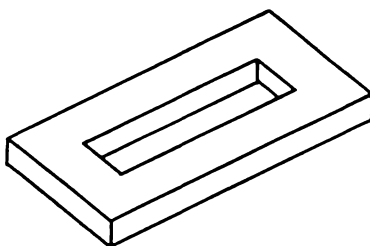
1A 2

Второй вариант схемы
распределения потоков



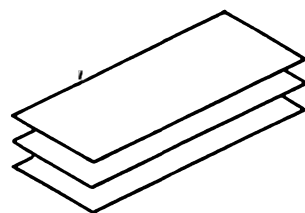
1B1

Е-образный план



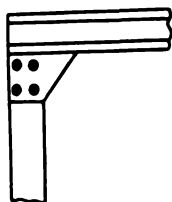
1B2

Замкнутый контур



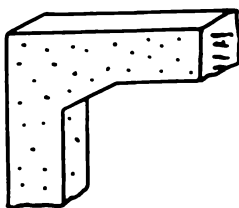
1B3

Двухэтажный блок



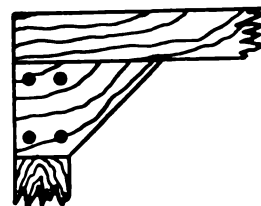
1C1

Стальной каркас



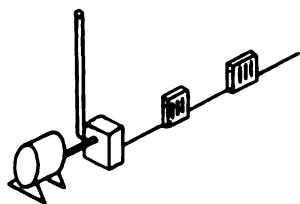
1C2

Бетонный каркас



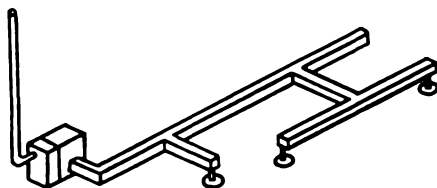
1C3

Деревянный каркас



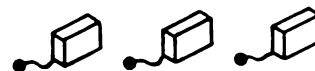
1D1

Система водяного отопления
с мазутным котлом



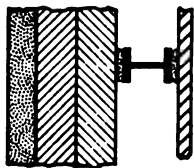
1D2

Система воздушного отопления
с газовым котлом



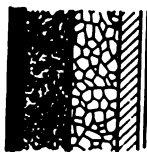
1D3

Местные
электронагреватели



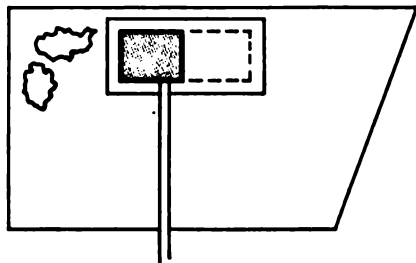
1E1

Вариант №1
выбора материалов



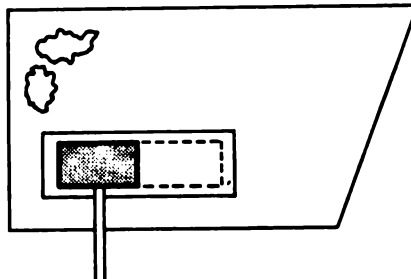
1E2

Вариант №2
выбора материалов



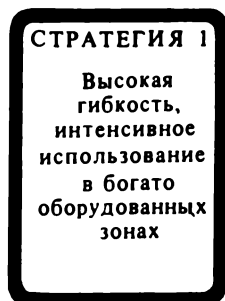
1F1

Вариант №1
благоустройства территории

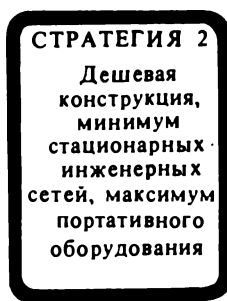


1F2

Вариант №2
благоустройства территории



1G1



1G2

делена и согласована с погрешностью $\pm 20\%$ (1G1, 1G2 и т.д.).

Важно помнить следующее: нельзя отказываться ни от одного варианта решения, кроме тех, которые явно не вяжутся с целями проектирования. Несовместимость отдельных вариантов между собой на этой стадии во внимание не принимается. Специалисты-проектировщики каждого профиля вместе с нормировщиками и подрядчиками предлагают широкий круг вариантов, стараясь исключить те, которые не соответствуют целям системы. Заказчик и местные органы власти соглашаются принять любой комплекс, составляемый из этих альтернативных вариантов, а это дает бригаде проектировщиков достаточное пространство маневрирования для решения задач внутренней увязки системы на стадии 1в.

в) Принять решение по каждой из этих областей и приступить к строительству системы.

Задача здесь заключается в том, чтобы выявить набор вариантов, которые не противоречат друг другу (разд. 11.3) при условии, что все заинтересованные стороны указали набор вариантов, которые они готовы принять. Окончательное решение должно быть приемлемым для проектировщиков всех специальностей, для нормировщиков и для подрядчиков. В данном случае могли бы быть приняты такие решения:

1. Сделать комнаты для групп как можно более просторными, сэкономив полезную площадь на залах, коридорах и комнатах для игр и отдыха. Зафиксировать

положение наружных стен и внутренних колонн, но не фиксировать размещение внутренних перегородок.

2. Выбрать планировку замкнутого контура с внутренним двориком.

3. Предусмотреть конструкцию со стальным каркасом.

4. Спроектировать в эскизной форме водяное отопление от котельной на мазуте и окончательно зафиксировать размещение отопительных магистралей.

5. Для отделки наружных стен выбрать бетонные плиты, для внутренних — пористый бетон.

6. Заложить фундамент в виде бетонного ростверка и мощный двор.

7. Предусмотреть снижение эксплуатационных расходов за счет дополнительной изоляции и применения во всем здании ковров и моющихся отделочных материалов. Стоимость должна быть определена и согласована с погрешностью $\pm 5\%$.

После того как сделан этот выбор, утверждаются эскизные чертежи, и подрядчики приступают к нулевому циклу работ и размещению заказов на основные виды оборудования. Вид наружных поверхностей и внутренняя планировка *еще не определены*.

2. Проектирование подсистемы первого поколения.

Последовательность этапов — а) определения задач, б) выявления вариантов и в) принятия решений — повторяется снова, и заказчик, специалисты и подрядчики на каждой стадии ищут взаимного согласия. Задачами теперь становятся такие вопросы, как виды деятельности, уровни освещенности, объемы складских помещений, уборка и обслуживание, служебные и аварийные выходы, визуальные требования к наружным и внутренним поверхностям. Разрабатываются варианты планировки помещений, отделки внутренних поверхностей, размещения и размеров окон, наружной отделки, лестниц, радиаторов отопления, осветительной арматуры, деталей изоляции и видов мощения. Ясно, что отложить ре-

шение этих вопросов до того этапа, на котором разрабатывается подсистема, можно лишь в том случае, когда при проектировании системы была предусмотрена некоторая избыточность, — пока разрабатывается подсистема, строительство системы уже идет. Например, для того чтобы можно было по-разному размещать внутренние стены, необходимо при проектировании системы предусмотреть повышенную прочность перекрытий.

3. Проектирование и реализация подсистемы второго и последующих поколений.

Вновь применяется та же методика, но на этот раз цель заключается в изменении внутренней планировки и, быть может, фасада здания — в соответствии с потребностями заказчика, которые он не может предусмотреть до того, как здание в течение определенного времени будет находиться в эксплуатации, в соответствии с требованиями новых жильцов или других арендаторов или в соответствии с изменениями градостроительной обстановки в районе размещения здания. В число изменений, вносимых во втором поколении, могут входить: перенос внутренних стен, прокладка новых инженерных сетей, увеличение длины здания, объединение его с соседними зданиями более поздней постройки. Эту фазу, которая сейчас составляет отдельную работу и выполняется ремонтными конторами, специалистами по интерьеру и градостроителями, необходимо предусматривать в ходе первых двух стадий проектирования, закладывая в проект некоторую избыточность и гибкость.

Замечания

Стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов — это попытка избежать сковывающих обстоятельств, возникающих из-за того, что принципиальные решения относительно прочности, инженерных сетей и методов строительства приходится приспосабливать к составленному архитектором эскизному проекту, который закрепляет форму здания еще до того, как в достаточной мере исследованы эти вопросы. Кроме того, эта стратегия должна послу-

жить методом проектирования для разработки зданий, допускающих адаптацию в гораздо более широких пределах, — в будущем потребуются такие здания, которые можно будет использовать для более разнообразной деятельности и которые в то же время будут точнее соответствовать требованиям градостроительства, включая такие аспекты, как городской ландшафт, автостоянки, транспортные потоки, отдых на открытом воздухе, регулирование и объединение зданий в жилищные комплексы. Сюда можно также включить макросистемный уровень, для которого тоже пригодна стратегия коллективной разработки.

Членение деятельности по разработке проекта и сооружению здания на отдельные контракты для всей системы в целом и для подсистем открывает возможность для гораздо более широкого поиска вариантов без увеличения общих сроков проектирования и строительства. Дополнительное время, необходимое для "дивергенции", образуется за счет того, что строительство начинается до завершения работ по проектированию подсистем. Строительство долговечных частей здания может начинаться на том этапе, которому сейчас соответствует окончание эскизного проектирования. Проектирование подсистем должно проходить проще, чем нынешнее рабочее проектирование, так как основные неувязки на уровне системы уже предусмотрены и исключены. Необходимость изменения рабочих чертежей из-за выявившихся на поздних стадиях неувязок должна возникать значительно реже.

При этом предполагается, что возможны следующие организационные нововведения:

а) соглашение о том, что инженеры, нормировщики, подрядчики и другие специалисты участвуют как равные партнеры в принятии принципиальных решений, определяющих форму здания;

б) согласие заказчиков и местных органов власти участвовать в выявлении задач и утверждении набора вариантов как на уровне всей системы, так и на уровне подсистем.

Стратегия коллективной разработки гибкой архитектуры (в описанной здесь

форме она еще не испытывалась) призвана устранить препятствия на пути к применению новых методов проектирования (см., например, разд. 11.3) при разработке архитектурных проектов и дать возможность использовать при принятии важнейших решений опыт и знания всех членов бригады проектировщиков, а не только архитекторов. Судя по многим признакам, архитектура практически уже эволюционирует в этом направлении, о чем свидетельствуют, например, такие факты: передовые фирмы гораздо шире прибегают к консультациям инженеров-строителей на ранних стадиях проектирования; при разработке промышленных и учрежденческих зданий внутреннюю планировку оставляют на усмотрение тех, кто в этом здании будет работать, а при создании систем крупноблочного строительства основное внимание уделяется обеспечению важнейших конструктивных элементов и прокладке инженерных сетей, к которым впоследствии могут быть добавлены различные комплекты отделочных материалов и вспомогательных устройств в соответствии с меняющимися потребностями.

Применение

Пока нет прямых свидетельств, говорящих о том, что стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов применима и для традиционного строительства. Несколько систем крупноблочного строительства, в которых детали конструкции физически отделены от несущих элементов и отделки, привели к появлению таких методик, которые позволяют сооружать несущий каркас и наружную отделку, не дожидаясь, пока будет закончена разработка проекта внутреннего пространства. Однако этими методиками, по-видимому, не предусматривался параллельный поиск вариантов исполнения во всех областях, что и придает стратегии коллективной разработки дивергентный характер. Лучше всего испытать этот метод на учебном проектировании, создав многопрофессиональные проектные бригады из студентов-архитекторов, социологов, строителей, энергетиков, механиков, нормировщиков и т.д. Для применения этого метода в архитектурной практике необходимо разделе-

ние здания на элементы; этого, быть может, трудно будет добиться в строительстве, если применять традиционные методы, но системы крупноблочного строительства во все большей степени обеспечивают такое разделение.

Обучение

Несомненно, потребуется множество экспериментов и длительное обучение, прежде чем стратегия коллективной разработки гибкой архитектуры будет полностью отлажена для практического использования и станет привычной. По-видимому, любому архитектору будет очень трудно отказаться от своих обычных прерогатив и принять участие в работе на равных основаниях со специалистами других профилей. С другой стороны, этим специалистам вначале покажется трудно предложить достаточно широкий ряд вариантов и начать проявлять инициативу в тех областях, где им в этом так долго было отказано.

Стоимость и время

Применение этого метода приводит к удлинению того этапа, которому в традиционных условиях соответствует эскизное проектирование, а также этапов приспособления и переоборудования зданий. Дополнительная стоимость этих этапов должна компенсироваться огромным сокращением объема работ по изготовле-

нию и переделке детализовочных чертежей на этапе, соответствующем рабочему проектированию. Дополнительная экономия может быть получена также за счет снижения расходов на эксплуатацию здания, более полного использования его площади и увеличения срока его службы вследствие привлечения к решению принципиальных вопросов проектирования знаний и опыта большего числа людей и благодаря повышенной гибкости, заложенной в проект здания. Тот факт, что контракты на проектирование и сооружение здания расчленяются на отдельные части, не должен привести к какому-либо увеличению сроков проектирования и строительства и может способствовать сокращению расходов на строительство за счет более раннего получения информации, необходимой для планирования строительства и закупки оборудования. Поскольку в первичную систему приходится закладывать некоторую избыточность, чтобы в дальнейшем можно было воспользоваться самыми различными вариантами подсистем, начальная стоимость здания несколько возрастает.

Библиография

Стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов выводится из более сложной стратегии, описание которой приводится под другим названием в работе:
Джонс [71] .

Метод

Цель

8.1. Переключение стратегии

Добиться, чтобы спонтанное мышление влияло на организованное мышление и наоборот

8.2. Фундаментальный метод проектирования Мэтчетта (FDM)

Научить проектировщика понимать и контролировать свой образ мыслей и более точно соотносить его со всеми аспектами проектной ситуации

Глава 8

Управление стратегией

8.1. Переключение стратегии

Цель

Добиться, чтобы спонтанное мышление влияло на организованное мышление и наоборот.

План действий

1. Приступить к работе по стратегии, которая, по представлениям проектировщиков, соответствует задаче.
2. Действуя в соответствии с этой стратегией, отдельно записывать мысли, которые спонтанно приходят в голову каждому проектировщику.
3. Записывать каждую спонтанную мысль, как только она возникла, и не возобновлять работ по принятой стратегии, пока не будет уверенности, что каждая мысль в достаточной мере исследована, разработана и записана. Когда данная тема до конца продумана, возобновить работы по принятой стратегии.
4. Когда накоплено достаточное количество результатов, проверить направления, в которых идут плановая стратегия и спонтанные мысли.
5. Если эти два направления противоречат друг другу, решить, игнорировать ли спонтанные мысли или перейти к новой стратегии, в которой эти два направления будут взаимно усиливаться.
6. Повторять эти действия до тех пор, пока не будет найдена стратегия, порождающая спонтанные мысли, которые ее укрепляют.

Пример 1

Эта методика показана на рис. 8.1, где изображено переключение с одной стратегии на другую при втором из трех пересмотров стратегии. При первом пересмотре было принято решение продолжать пользоваться первоначально выбранной стратегией, поскольку в противоречивых спонтанных мыслях нельзя было уловить какую-либо систему. К моменту второго пересмотра стратегии уже наблюдалось определенное направление спонтанных мыслей, которое потребовало переключения на стратегию 2. При третьем пересмотре стратегии оказалось, что спонтанные мысли при использовании стратегии 2 соответствуют ей, поэтому новое изменение стратегии было нецелесообразным.

Здесь представлено только абстрактное описание, или общий план, того процесса, который на уровне решения конкретной задачи проектирования занимает очень много времени. Пример 2 — это изображение крупным планом процесса регистрации и исследования спонтанных мыслей.

Пример 2

Этот пример спонтанного исследовательского мышления был записан при поиске нового принципа действия, на котором мог бы быть основан читающий аппарат для слепых (см. разд. 11.5, где описана стратегия, в ходе использования которой возникли эти мысли). В данном случае спонтанное мышление подкрепило принятую стратегию в целом, но приве-

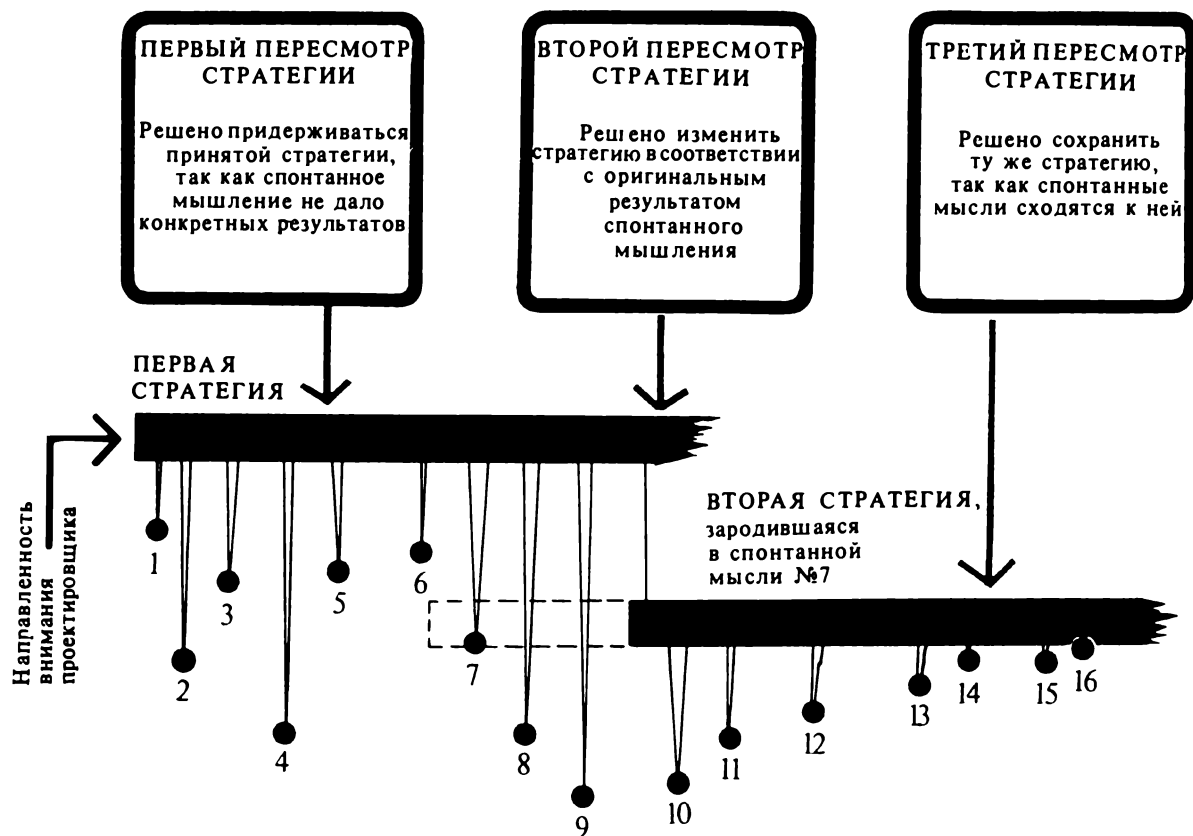


Рис. 8.1.

ло к некоторым изменениям направления сдвига границ задачи при поиске решения. Этот пример дается в качестве иллюстрации к этапу 3 описанной выше методики.

3. Записывать каждую спонтанную мысль, как только она возникла, и не возобновлять работ по принятой стратегии, пока не будет уверенности, что каждая мысль в достаточной мере исследована, разработана и записана. Когда данная тема до конца продумана, возобновить работы по принятой стратегии.

Ниже в первой колонке приведены заметки, сделанные в течение 1. . . 2 ч на стадии спонтанного мышления; они по необходимости кратки, сжаты и не всегда грамматически правильны. Они записаны "для себя", и многое в них понятно только их автору. Пояснения, которые написаны 10 лет спустя, следует чи-

тать совместно с примером из разд. 11.5. Здесь видно, что спонтанные мысли обусловили некоторые изменения в направлении сдвига границ (этапы 3 и 4, разд. 11.5).

Запись спонтанных мыслей на этом заканчивается, так как основные характеристики перспективного направления поиска исследованы в достаточной мере, чтобы можно было с доверием отнестись к такому преобразованию задачи. Из содержания разд. 11.5 нетрудно видеть, что дальнейшее развитие стратегии происходило под сильным влиянием этого примера спонтанного мышления. Творческие скачки, отмеченные тремя вертикальными линиями, можно рассматривать как микропереключения стратегии в ходе данного отрезка спонтанного, или неорганизованного, мышления. Интересно, что самому важному "творческому скачку" — мысли о том, что можно обойтись без внутреннего блока памяти за счет примене-

Этапы

1. Шрифт — электрический ток
2. Электрический ток — выходной сигнал
3. Выходной сигнал — сознание и память

Список функциональных блоков электрическогочитающего аппарата для слепых

Принципы

1. Заставить сканирующее устройство выделять минимальные значащие элементы страницы, строки, слова или буквы
2. Максимально использовать память
3. Постараться вызывать в какой-то мере "гештальт"; использовать для этой цели частично представляющее воспроизводящее устройство
4. Максимально использовать тонкие движения рук для установки в нужном положении, фокусировки и перемещения сканирующего устройства
5. По возможности максимально использовать остаточное зрение в п. 4

Эти принципы призваны определить направление поиска при созданиичитающего аппарата для слепых

"Гештальт" — восприятие в целом; "частично представляющее" означает, что слепой должен частично получать общее представление о тексте, частично же последовательно постигать его
Сканирующее устройство — прибор, воспринимающий сигнал с текста

Автор заметил, что многие "слепые" обладают остаточным зрением, которое позволяет им видеть смутные очертания предметов

Сравнение с чтением при помощи очков

Недостатки:

- отсутствует гештальт
- виден только фрагмент слова
- медленное сканирование

Слепые с остаточным зрением могут читать при помощи очков, через которые видны несколько букв одновременно. Сравнение свидетельствует о бесплодности этого направления поиска

Сравнение с нормальным чтением — способность мозга читать в контексте и оценивать вероятности путем прямого схватывания смысла очевидна, но, пожалуй, не столь существенна; поэтому начать с чтения больших кусков, например словосочетания на 1/3 строки, т. е. из трех слов

Здесь автор ищет принципчитающего устройства для слепых, сохраняющего ряд преимуществ "зрячего" чтения и притом достаточно дешевого и простого; отсюда стремление начать со скромной задачи чтения словосочетаний, а не целых предложений или абзацев

Можно ли обойтись без запоминающего устройства и все же схватывать частичные элементы смысла? — Не использовать ли только верхушки букв?

На этой ступени рассматривается желательное, но вероятно, неосуществимое, более дорогое и сложное решение без запоминающего устройства. В дальнейшем выясняется, что в этом важнейшем вопросе можно добиться успеха

Оптика для фокусировки должна

1. быть очень простой
2. или реализоваться с помощью существующих приборов
3. или вообще отсутствовать
4. или использовать контактный метод!!

Прежние исследования показали, что сложность оптики — существенный недостаток

Восклицательные знаки передают ощущение, что произошел творческий скачок

(4) Кажется наилучшим — нечто вроде контактной печати

Здесь используется аналогия с контактной печатью в фотографии без применения сложной оптики

СПОНТАННЫЕ МЫСЛИ	ПОЯСНЕНИЯ
<p>Может быть, использовать какие-то электрические свойства краски?</p>	<p>Чтобы найти простой способ преобразования типографского текста в электрические сигналы</p>
<p>Нет, лучше использовать фотоэлемент (один или несколько фототранзисторов, скажем по одному на букву?) и прямой отраженный свет</p>	<p>Мысли о применении фотоэлементов какого-либо типа</p>
<p>Aabcde</p>	<p>Эти буквы были выписаны очень аккуратно, так что автор мог приблизительно судить о расстоянии между фотоэлементами, позволяющем различать отдельные буквы</p>
<p>Возможно, имеется существенная разница в количестве света, отражаемого от каждой буквы? Большие требования к чувствительности электронных схем</p>	<p>Возникает понимание того, что фотоэлементы можно разместить на гораздо больших расстояниях друг от друга, чем предполагалось раньше. При этом можно исходить из того, что один фотоэлемент может воспринимать весь свет, отраженный буквой и окружающим ее пространством. Тогда потребуется высокая чувствительность, чтобы различать количество света, отраженного от различных букв</p>
<p>Какие другие характеристики букв можно использовать?</p> <p>1) Начала и концы слов</p> <p>2) Линия вдоль слова (нарисовано несколько букв с пронизывающей их линией), связанная с датчиком пробелов, — тогда теряется пунктуация</p>	<p>Этот вопрос ставится и частично разрешается в связи с сомнениями, достаточно ли информации для распознавания буквы получается путем измерения общего количества света, отражаемого каждой буквой</p>
<p>Чтобы обойтись без запоминания, нужно "полупредставляющее" воспроизводящее устройство. Например, не в виде слов, а в виде частично пространственно распределенных элементов</p>	<p>Данная запись особо выделена, чтобы показать, что этот метод, не требующий запоминания и хранения информации, в то время представлялся весьма перспективным</p>
<p>Усовершенствовать технику чтения и повысить его скорость путем задания, а не свободного выбора, фактора времени, т. е. давать словосочетания в виде воспринимаемых на ошупь пространственных конфигураций — кнопки — независимо от их последовательности в словосочетании</p>	<p>Такая разработка приведенной выше идеи наводит на мысль, что слепой смог бы схватывать смысл даже более крупных кусков текста, чем это доступно зрячему, обученному методу чтения блоками по системе "скоропения". Здесь внезапно осознается, что конечный эффект повышения скорости чтения сводится к превращению процесса в одновременное (или "представляющее") восприятие, как при узнавании знакомого лица или изображения</p>
<p>Заставить руку "заучить" скачки между словосочетаниями (пусть эти скачки будут чуть меньше длины сканирования) и научить руку быть готовой к возможному окончанию словосочетания при фактическом окончании слова.</p>	<p>Эта запись тоже особо выделена, так как она представляется перспективной. До сих пор автор считал, что скорость сканирования текста должна регулироваться механически. Здесь он неожиданно осознает, что навык, управляющий движением глаз, может сохраниться и у слепых, и его можно с успехом использовать для управ-</p>

СПОНТАННЫЕ МЫСЛИ

ПОЯСНЕНИЯ

ления движением руки со сканирующим устройством



Трудно найти рукой следующую строку? Помочь ей в этом, но по возможности использовать имеющийся навык

Типы воспроизводящего устройства

Воспринимаемая на ощупь конфигурация кнопок

Т. е. кнопки с электрическим приводом, надавливающие на какую-то часть тела

– если кнопки и сенсорные элементы в системе расположены достаточно плотно, весь поиск смысла может идти от мозга, и можно передавать каждую букву целиком

"Плотно" означает, что имеется много кнопок на каждую букву на странице. Эта мысль ориентирует поиск в противоположном направлении по сравнению с предыдущими идеями, предполагавшими наличие своего фото-элемента на каждую букву

Это просто означает применение выпуклого шрифта

Идея отвергается, так как она практически равносильна тому, что человеку придется медленно ощупывать пальцами форму рельефных букв

В этом случае фильтрация смысла возлагается на кожу

"Фильтрация смысла" – новый термин в "языке задачи"; здесь он призван описать процесс отбора из всей информации, определяющей индивидуальную форму букв, той небольшой ее части, которой достаточно для передачи смысла читателю

Лучше было бы разместить сенсорные элементы на теле под одеждой, а не на руке, перемещающей сканирующее устройство

Отмечено двумя линиями, что указывает на сравнительную важность этой мысли

(От этой записи к предпоследней направлена стрелка.)

Другой способ выявления смысла – встроенный селектор, передающий лишь определенную часть всего изображения

В этой записи автор, по-видимому, возвращается к прежней мысли о том, что в аппарат нужно вводить как можно меньше информации

Или же маскирующее устройство, которое передает только реальный и желаемый смысл

Здесь имеется в виду "разумное" избирательное устройство со встроенными в него распознающими схемами и, следовательно, с внутренним блоком памяти. Как будет видно из разд. 11.5, это осложнение удалось преодолеть в окончательном варианте проекта

ния частично представляющего воспроизводящего устройства, — предшествовала появившаяся ранее спонтанная мысль (принцип 3), которая свидетельствовала о предрасположенности к поиску в этом направлении еще до того, как была осознана его осуществимость.

Замечания

Одной из основных трудностей проектирования считается несовместимость спонтанного и организованного мышления. Конфликт между ними возникает в связи с тем, что человеческому уму приходится рассматривать сложные детали последовательно, одну за другой; при этом, если проектировщик не разрешает своему вниманию свободно перескакивать с одного аспекта задачи на другой, он может не заметить иных путей, ведущих к новаторским решениям. Манн [72] называет длительные периоды систематического мышления, которые часто оказываются необходимыми в проектировании, "проворачиванием рукоятки", а короткие периоды работы воображения — "творческими пиками". У традиционного проектировщика "творческие пики", по-видимому, возникают в тех случаях, когда он набрасывает эскизы "на обороте конверта", а "проворачивание рукоятки" для него состоит в основном из подготовки масштабных чертежей и из расчетов деталей. Можно предположить, что умение вовремя переключаться с одного вида деятельности на другой — это навык, который вырабатывает в себе каждый традиционный проектировщик. В современном проектировании, когда проектные решения принимаются совместно многими людьми, представляющими различные специальности, конфликты между спонтанным и организованным мышлением удобнее разрешать с помощью формализованной методики типа описанной выше. Отсутствие такой методики среди приведенных в гл. 7 готовых стратегий позволяет понять, почему системное проектирование пользуется недоброй репутацией у тех проектировщиков, которые справедливо ценят возможность свободно изменять свое мнение, чтобы сохранять контроль над ситуацией проектирования в целом.

Задача метода переключения стратегии состоит в том, чтобы избежать, с

одной стороны, замораживающего эффекта слишком жесткой стратегии, а с другой стороны, неэффективности слишком гибкого образа мышления проектировщика. То недоверие, с которым проектировщики-практики относятся как к совершенно неорганизованным методам типа мозговой атаки, так и к полностью организованным методам, подобным методу системотехники, заставляет предположить, что действенная стратегия проектирования должна предоставлять место как организованному, так и неорганизованному мышлению.

Применение

Этот метод можно с успехом применять при решении любой задачи проектирования независимо от того, занимается ли ею один проектировщик или целая бригада проектировщиков и специалистов.

Обучение

Переключение стратегии требует умения мыслить на двух уровнях. Часть внимания проектировщика должна оставаться свободной, чтобы классифицировать каждую мысль. Это умение, которое является составной частью самосознания и интеллекта, приобретается с трудом, но совершенствуется с накоплением опыта.

Стоимость и время

Этот метод требует совершенно незначительных затрат времени и средств. Избегая жесткой организации, с одной стороны, и случайных изменений стратегии — с другой, можно добиться заметного сокращения времени поиска.

Библиография

Бродбент [17, 18], Джонс [73, 74], Манн [72].

8.2 Фундаментальный метод проектирования Мэтчетта (FDM)

Цель

Научить проектировщика понимать и контролировать свой образ мыслей и бо-

лее точно соотносить его со всеми аспектами проектной ситуации.

План действий

1. Пройти обучение принципам и применению фундаментального метода проектирования.

2. После этого использовать следующие "режимы мышления" для осознания, контроля и приспособления образа мышления к задачам проектирования:

- а) мышление стратегическими схемами;
- б) мышление в параллельных плоскостях;
- в) мышление с нескольких точек зрения;
- г) мышление "образами";
- д) мышление в основных элементах.

3. Одновременно с помощью методики проектирования и контрольных перечней фундаментального метода проектирования исследовать характер проектной ситуации, к которой применяется мышление.

Пример

Подробный пример методики и контрольных перечней фундаментального метода проектирования приводится в работе Мэтчетта и Бриггса [75]. Однако вряд ли можно на примерах объяснить обучение фундаментальному методу проектирования и практике применения перечисленных выше "режимов мышления". Приведенный здесь очерк является лишь попыткой описать "со стороны" то, что по существу относится к личному опыту проектировщика.

1. Пройти обучение принципам и применению фундаментального метода проектирования.

Мэтчетт начинает обучение фундаментальному методу проектирования с того, что просит "учеников" (слушателей его курса) изложить свой опыт и мысли относительно проектных работ, которые они выполняли в прошлом. Каждого учащегося просят изложить свой характерный

метод решения какой-то задачи и предложить пути его совершенствования. Из предложенных путей совершенствования Мэтчетт зачастую выбирает потенциально плодотворный путь, к которому проектировщик, однако, относится с опаской, поскольку он не видит способа его осуществления. Беседы направлены на то, чтобы придать учащемуся уверенность в целесообразности дальнейшего развития идей, от которых он преждевременно отказался бы, если бы работал один. Утверждается, что такое придание уверенности для продолжения работы требует изменений в самооценке учащегося.

Основной педагогический принцип Мэтчетта заключается в том, чтобы начинать с методов, которые уже освоены учащимся, а не навязывать ему совершенно новый метод, в который он, быть может, никогда до конца не поверит и от которого он откажется при первых же признаках затруднений. Когда учащийся осознает, что он учится понимать и контролировать свой образ мыслей, у него появляются способность и желание использовать некоторые "режимы мышления" фундаментального метода проектирования для своих целей. Основой такого мышления по фундаментальному методу проектирования являются два определения проектирования, данные Мэтчеттом:

а) "хороший проект — это оптимальное решение, удовлетворяющее сумме истинных потребностей в конкретном комплексе обстоятельств";

б) "проектирование — это выявление и разрешение конфликтов в многомерных ситуациях".

2. После этого использовать следующие "режимы мышления" для осознания, контроля и приспособления образа мышления к задачам проектирования:

а) Мышление стратегическими схемами.

Сюда, по-видимому, относится следующее:

1) способность заранее выбрать стратегию (т. е. последовательность или сеть действий или мыслей проектировщика);

2) способность сравнивать достигнутое с намеченным;

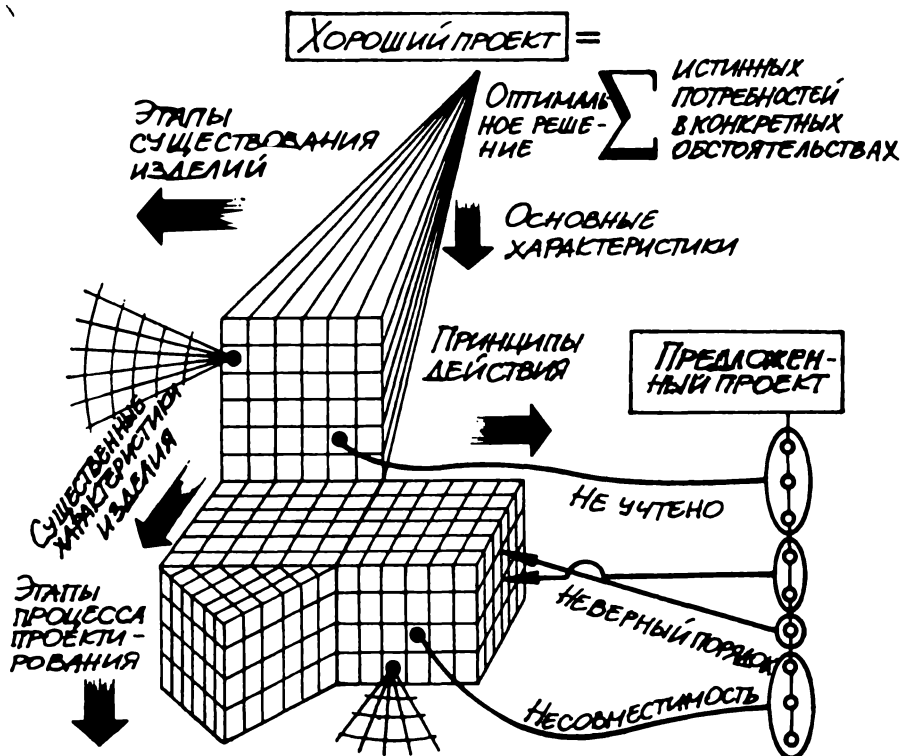
должен сознавать, в какой степени он направляет работу своих сотрудников и в какой они направляют его работу; он должен также уметь сосредоточивать внимание на своем образе мышления в процессе проектирования.

в) Мышление с нескольких точек зрения.

Этот процесс аналогичен "мышлению в параллельных плоскостях", но направлен на решение задачи проектирования, а не на процесс ее выявления. В предельно упрощенной форме это, по-видимому, определение целей через функции изделия: изделие "обеспечивает возможность" что-то сделать. В более сложной форме используются контрольные перечни, приведенные ниже при описании этапа 3.

чертить геометрические схемы, позволяющие проектировщику сопоставить приведенные ниже контрольные перечни фундаментального метода проектирования с формами его собственного опыта и мышления. Рисунки, с помощью которых Мэтчетт и его ученики иллюстрируют этот режим мышления, напоминают карты астрологов (рис. 8.2) и магические слова и образы таких художников, как Марсель Дюшан (рис. 8.3). Мэтчетт называет их "синтетическими архетипами", имея в виду, что речь идет о чем-то, что управляет ассоциациями между отдельными мыслями.

Основное назначение мышления „образами“, видимо, заключается в том, чтобы дать проектировщику запоминающийся образ взаимосвязей между зада-



г) Мышление "образами".

Этот режим мышления по фундаментальному методу проектирования труднее всего поддается пониманию. По-видимому, он заключается в том, чтобы мысленно представить себе или вы-

чей проектирования, процессом проектирования и решением.

д) Мышление в основных элементах.

Это самый понятный из пяти "режимов мышления"; в его описании применя-

ются простые, понятные слова, обозначающие небольшие элементы мысли или действия, которые, как правило, встречаются в процессе решения любой задачи. Вслед за Гилбретом, который, прочитав свою фамилию справа налево, дал единице движения название "терблиг", Мэтчетт называет эти элементы "течтэмами". Назначение течтэмов заключается в том, чтобы заставить проектировщика осознать множество альтернативных действий, которые он может предпринять в каждой точке принятия решений. Мэтчетт разбивает течтэмы на семь групп, приведенных ниже (автор взял на себя смелость присвоить им соответствующие названия, приведенные в скобках). Некоторые течтэмы напоминают приемы, описанные в разд. 10. 3.

Группа 1 (варианты решений?):
определить потребность;
определить необходимый элемент;
представить себе решение;
принять временное решение;
принять окончательное решение;
отменить решение.

Группа 2 (варианты суждений?):
предположить;
взвесить;
взвесить и сравнить;
экстраполировать;
оставить без изменений;
предсказать.

Группа 3 (варианты стратегий?):
продолжать в том же направлении;
продолжать и расширить;
изменить направление;
сопоставить с прошлым;
сопоставить с будущим;
внимательно рассмотреть;
разрешить конфликт;
продолжать более интенсивно;
прекратить.

Группа 4 (варианты тактик?):
оценить риск;
проверить последствия;
развить;
сравнить с другими решениями;
разделить действие;
приспособить другое решение;
сосредоточиться на малом участке;
разложить на компоненты;

проверить возможную причину;
обдумать возможность нового решения;
заменить решение на обратное;
проверить другие варианты.

Группа 5 (варианты отношений?):
хранить решение в памяти;
выявить зависимость;
отложить принятие решения;
сообщить о решении;
соотнести с ранее принятым решением;
проверить на избыточность;
проверить на несоответствие.

Группа 6 (варианты понятий?):
использовать понятие;
изменить плоскость абстракции;
использовать схему стратегии;
изменить точку зрения;
сравнить с существующей системой;
сравнить с получающейся системой;
применить первичное кольцо (см. ниже);
применить вторичное кольцо (см. ниже).

Группа 7 (варианты препятствий?):
обойти препятствие;
разрушить препятствие;
устранить препятствие;
начать новое действие с нуля;
начать новое действие с принятого решения;
действовать в одном, двух, трех или многих измерениях.

3. Одновременно с помощью методики проектирования и контрольных перечей фундаментального метода проектирования исследовать характер проектной ситуации, к которой применяется мышление.

С годами методика работы по фундаментальному методу проектирования несколько изменилась. Пользуясь принятой в этой книге терминологией, ее можно вкратце изложить следующим образом:

- а) исследовать проектную ситуацию;
- б) приблизительно определить потребности, для удовлетворения которых принимается проектирование;
- в) выявить и проанализировать основную функциональную потребность (т. е. ту потребность, без удовлетворения ко-

торой нет смысла удовлетворять другие);

г) исследовать альтернативные принципы на которых могло бы быть построено средство для удовлетворения основной потребности;

д) выполнить — только в эскизе — проект, способный удовлетворить как основную, так и дополнительные потребности;

е) оценить функциональную эффективность проекта;

ж) оценить материалоемкость и трудоемкость осуществления данного проекта;

з) определить качество деталей и узлов, например отсутствие деформации при сварке, совершенство внешнего вида и т. д.

Не следует жестко придерживаться этой последовательности; проектировщики должны сами решать, когда применить тот или иной этап, когда повторить его, а когда перескочить через этап. Главное состоит в том, чтобы проектировщики могли изменять структуру своего опыта и мышления применительно к *существенным особенностям и многофакторности* проектной ситуации. Мэтчетт подчеркивает, что каждый вправе самостоятельно решать, как это сделать. Воспитывая в своих учениках уверенность в себе и прививая им умение управлять своим мышлением, Мэтчетт стремится придать их мышлению гибкость в разработке соответствующих стратегий.

Контрольные перечни фундаментального метода проектирования (которые Мэтчетт называет "стандартными последовательностями"), по-видимому, представляют собой развитие обычных в анализе трудовых операций вопросов: "что?", "почему?", "когда?" и т. д. Часто их комбинируют парами вдоль каждой оси графика, что позволяет получить большое разнообразие более конкретных вопросов.

- а) Какие потребности являются
- жизненно важными?
 - очень важными?
 - важными?
 - желательными?

- б) Каковы потребности
- функциональной системы?
 - потребителя?
 - фирмы?
 - внешнего мира?

в) Каковы потребности на каждом из перечисленных ниже десяти этапов существования изделия?

- проектирование и детализация;
- обработка;
- изготовление деталей;
- сборка;
- испытание и отладка;
- окончательная отделка и упаковка;
- сбыт;
- монтаж;
- эксплуатация и неправильное использование;
- техническое обслуживание и уход.

г) Какие сведения можно получить, если задать шесть основных вопросов анализа трудовых операций:

- что нужно сделать? (потребности);
- почему это нужно сделать? (причина);
- когда это нужно сделать? (время);
- где это нужно сделать? (место);
- кем или с помощью чего это должно быть сделано? (средства);
- как это сделать? (метод).

д) Каким образом каждую часть проекта можно

- исключить?
- объединить с другими?
- унифицировать?
- перенести?
- модифицировать?
- упростить?

Этот комплекс вопросов Мэтчетт называет "первичным кольцом", а следующий комплекс — "вторичным кольцом":

- е) Какие
- эффекты;
 - потребности;
 - ограничения

вызовет каждая деталь комплекса в отношении любой другой детали этого комплекса при сопоставлении с помощью матрицы взаимодействий? (см. разд. 11.1).

Назначение первичного кольца — выявить множество различных альтернатив,

**Предусмотреть замыкания, удержания
и освобождения сцепки**

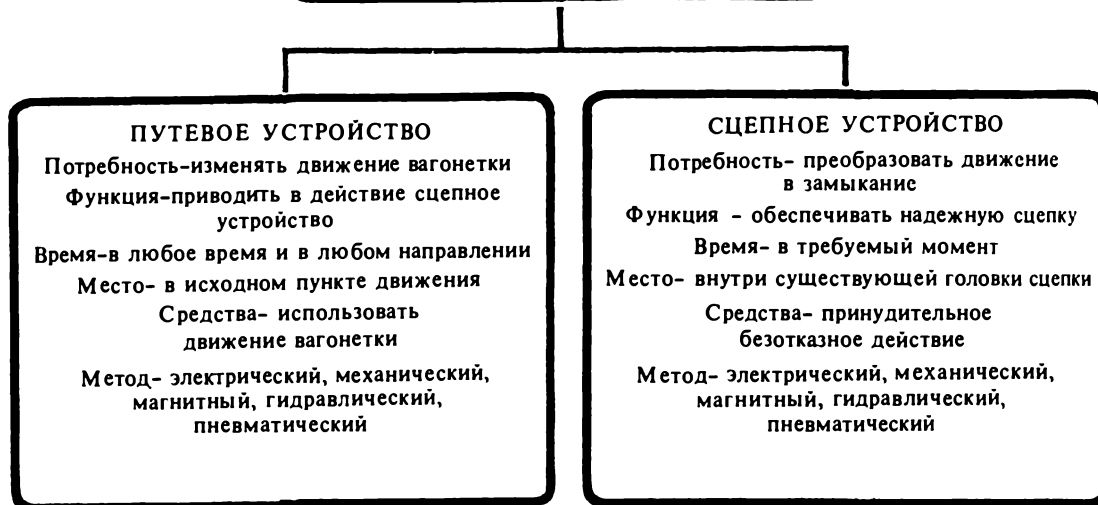
Функция-расцепка двух сцепных устройств

Время-при расформировании состава

Место- у разгрузочной платформы

Средства- без применения ручного труда

**Метод- использование движения
вогонетки для срабатывания
устройства**



X Несовместимы
 1 Исключить
 2 Объединить
 3 Перенести
 4 Модифицировать

[illegible]

Рис. 8.5.
(Воспроизводится с разрешения Е. Мэтчетта.)

а вторичного кольца — обеспечить увязку всех изменений друг с другом, а также со всеми имеющимися потребностями.

Метод попарного объединения контрольных перечней для образования ряда конкретных вопросов показан на рис. 8.4. и 8.5.

На рис. 8.4 основная функциональная потребность в автоматическом расцепном приводе для рудничной вагонетки расчленяется на две вторичные потребности. Затем каждая из этих трех потребностей рассматривается в свете шести основных вопросов анализа трудовых операций.

На рис. 8.5 первичное и вторичное кольца применяются ко всем возможным сочетаниям физических частей того же самого устройства.

Мэтчетт все время подчеркивает, что вопросы и графики, порождающие многообразие, необходимо применять не для слепого поиска, а для выявления *существенных характеристик* изучаемого объекта и для *устранения из проекта ненужных элементов*. На рис. 8.6 показан процесс переоценки потребностей и пересмотра элементов проекта, что привело к резкому уменьшению сложности и стоимости тормоза ракетного пускового устройства (рис. 8.7).

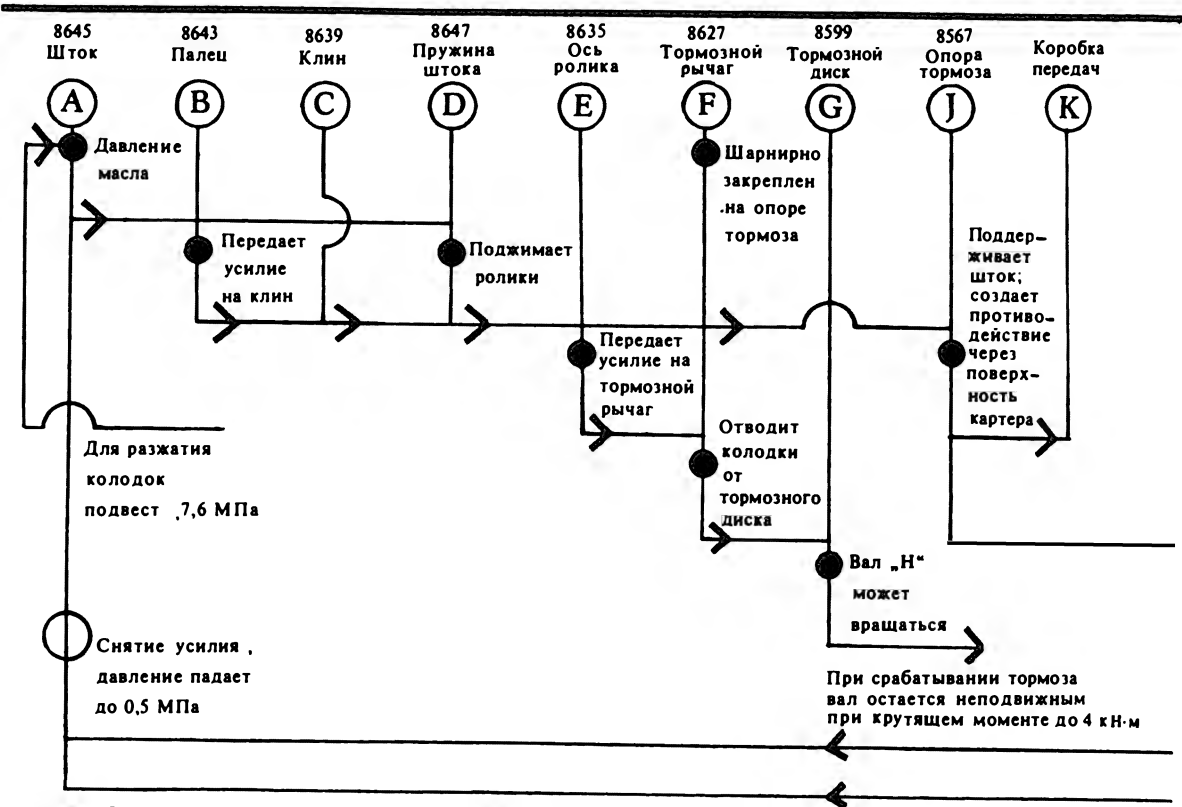
Рис. 8.6 представляет собой графическую схему, использовавшуюся для анализа функций каждой детали в старой и новой конструкциях. Преобразование было достигнуто путем выявления лежащего в основе конструкции распределения нагрузок и движений и последующего применения первичного кольца вопросов для оценки каждой части этого распределения.

Замечания

Можно считать, что самое главное в фундаментальном методе проектирования это обучение метаязыку, который выявляет характерные особенности мышления и облегчает его согласование с характером задачи. Это не столько метод проектирования, сколько средство вырабатывания и регулирования стратегий проектирования. Имеется много примеров, когда коренных усовершенствований (как в случае тормоза ракетного пускового устройства) удавалось до-

стичь уже в ходе краткого курса обучения новому методу. Подготовку у Мэтчетта прошли сотни ведущих инженеров, и многие из них достигли аналогичных результатов за время посещения его курса в Бристоле. Неизвестно, сколько из них сумели сохранить эту способность по возвращении в свои конструкторские бюро. Противники этого метода утверждают, что результаты, которые он дает, не больше тех, каких можно было бы достичь при обычной *концентрации внимания* на проектировании нового изделия или модификации существующего проекта. Другие считают, что эти результаты объясняются необычайными способностями самого Мэтчетта и не сохраняются в его отсутствие. Разрешить эти сомнения не удастся до тех пор, пока кто-нибудь не придумает способ контролируемых испытаний поведения проектировщика. Пока же можно высказать предположение, что метод Мэтчетта — один из немногих систематических методов, продемонстрировавших свою работоспособность в обычных ситуациях проектирования. Пользуясь им, можно с достаточной уверенностью рассчитывать на успех. Тот факт, что многие крупные английские фирмы в течение нескольких лет субсидируют проводимые Мэтчеттом курсы, явно свидетельствует в пользу его метода: ведь специалисты по методологии проектирования в большинстве случаев пользуются весьма незначительной поддержкой со стороны проектировщиков-практиков.

Хотя цели и результаты фундаментального метода проектирования представляются положительными, средства их достижения таинственны, а возможно, и опасны. Утверждения Мэтчетта, что он нашел способ изменения "порога сознания", выявления "структуры мышления" и управления ею, звучат неправдоподобно и даже зловеще: невольно на память приходят различные фокусы шарлатанов от психологии и пресловутое "промывание мозгов". Психолог-экспериментатор склонен будет тут задать такие вопросы: "Можно ли достичь такого же качества проектирования при использовании другого метода, который заставлял бы проектировщика посвящать проблеме все свое внимание в течение трех недель?" (такова продолжительность обучения фундаментальному



ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ТОРМОЗА
РАКЕТНОГО ПУСКОВОГО УСТРОЙСТВА

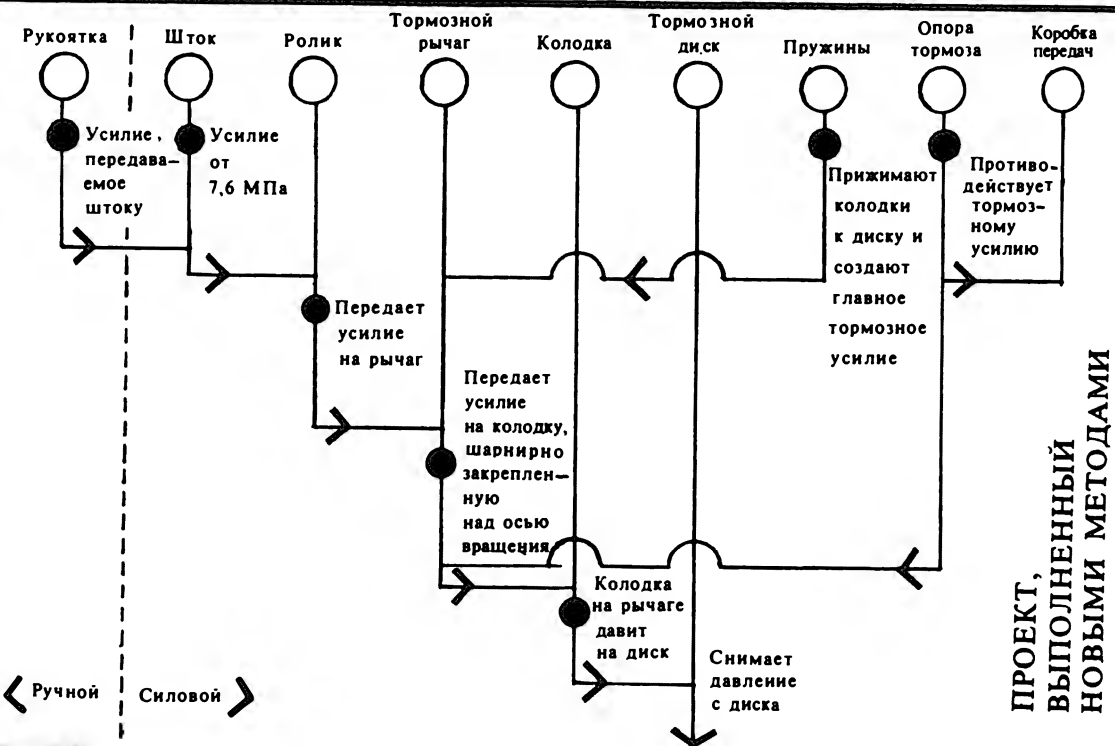
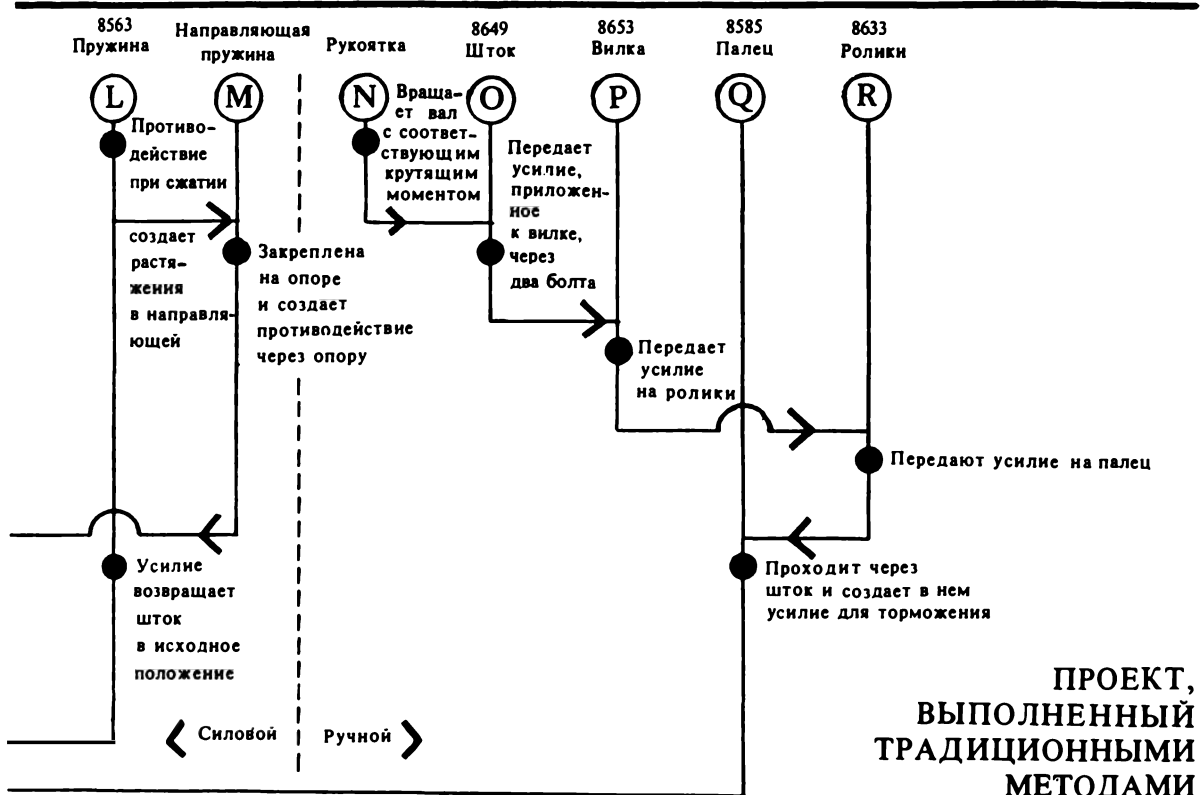


Рис. 4.6.
(Воспроизводится с разрешения И. Моргентау и журнала
Design Magazine.)



методу проектирования) или "Как доказать, что изменился характер мышления?". Социолог поставит другие вопросы, например: "Имеет ли общество право требовать от людей изменения присущего им индивидуального характера мышления для удобства их работодателей?" или "В какой мере неправильное или небрежное применение фундаментального метода проектирования опасно для душевного здоровья?".

Мэтчетт утверждает, что фундаментальный метод проектирования увеличивает свободу личности, усиливает в ней самоуважение. Он, правда, признает наличие "эмоциональных унтертонов" и "неподдающихся описанию аспектов", но

Применение

Метод сотни раз использовался в техническом проектировании самых различных объектов, начиная с подшипников и машин для гофрирования листового металла и кончая передачей информации с помощью чертежей и технической документации. В последнее время обучению этому методу в порядке эксперимента подвергались не только проектировщики, но и администраторы. По-видимому, его применение ограничено кругом задач, для решения которых достаточно накопленного опыта, поскольку в нем не предусмотрены условия для поиска информации и для уменьшения

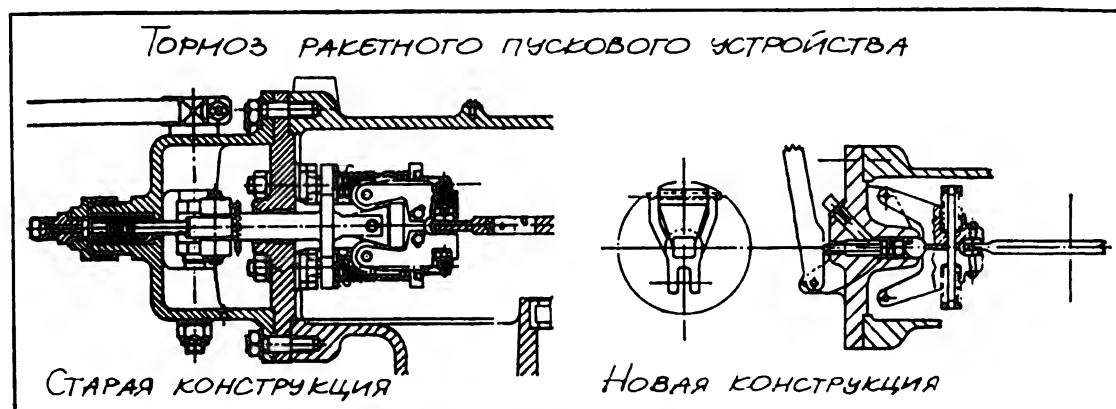


Рис. 8.7.
(Воспроизводится с
разрешения Е. Мэтчетта и журнала
«Дейл Маразм».)

поскольку каждый учащийся "сам решает, как далеко заходить, опасность сводится к минимуму". Каждый, кто желает попытаться использовать фундаментальный метод проектирования, не прибегая к помощи его автора, должен понимать, что он исследует ту сферу опыта, которая открывается искусству, психоанализу, "групповой динамике", самовнушению, внушению и т. д.: это та сторона опыта, в которой одни видят средоточие греха и самообольщения, а другие — последнюю реальность и абсолютное благо.

Вряд ли случайно, что как метод разд. 10.2 "Синектика", так и фундаментальный метод проектирования резко повышают мастерство проектировщика за счет сознательного управления самим процессом мышления.

неопределенности методом научных исследований и испытаний.

Обучение

Курс фундаментального метода проектирования ("Школа Мэтчетта", Бристоль, Англия) занимает три недели и требует от учащихся полной отдачи времени и внимания вплоть до позднего вечера. Сомнительно, чтобы основные приемы, приписываемые фундаментальному методу проектирования, можно было получить без столь полной самоотдачи этому предмету. Однако те части курса, которые поддаются объективному описанию, т. е. те, что изложены здесь, по-видимому, представляют ценность и могут быть применены без

интенсивного обучения. При попытках скопировать те стороны обучения фундаментальному методу проектирования, которые требуют глубокой интроспекции, может возникнуть угроза психическому состоянию. Эта угроза будет намного слабее, если каждый участник работ по этому методу будет пользоваться полной свободой в любое время "выйти из игры" без каких-либо объяснений.

Стоимость и время

Плата за обучение на курсах фундаментального метода проектирования сравни-

тельно высока. Утверждают, что последующее применение полученных знаний при проектировании не требует каких-либо дополнительных затрат времени и средств. Однако для получения наилучших результатов в работе своих проектировщиков руководство проектной организации, по-видимому, должно быть само "обращено" в эту новую веру.

Библиография

Мэтчетт и Бриггс [75], Мэтчетт [11,76].

Метод

Цель

9.1. Формулирование задач

Охарактеризовать внешние условия, которым должен отвечать проектируемый объект

9.2. Поиск литературы

Отыскать опубликованную информацию, полезную для будущих проектных решений, которую можно получить своевременно и без излишних затрат

9.3. Выявление визуальных несоответствий

Определить направления, по которым должен идти поиск путей совершенствования художественно-конструкторского решения

9.4. Интервьюирование потребителей

Собрать информацию, известную только потребителям данного изделия или системы

9.5. Анкетный опрос

Собрать полезную информацию среди большой группы населения

9.6. Исследование поведения потребителей

Исследовать модели поведения потенциальных потребителей нового изделия и предсказать их предельные характеристики

9.7. Системные испытания

Определить действия, способные привести к желаемым изменениям сложной проектной ситуации

9.8. Выбор шкал измерения

Соотнести измерения и вычисления с погрешностями наблюдений, со стоимостью сбора данных и с задачами проекта

9.9. Накопление и свертывание данных

Построить и представить в визуальной форме модели поведения человека, от которых зависят критические проектные решения

Глава 9

Методы исследования проектных ситуаций (дивергенция)

9.1. Формулирование задач

Цель

Охарактеризовать внешние условия, которым должен отвечать проектируемый объект.

План действий

1. Охарактеризовать ситуацию функционирования объекта.

2. Определить характерные для ситуации условия, которым должен отвечать объект, чтобы он был принят заказчиками.

К этим условиям относятся:

- а) конечные требования заказчиков к объекту и их обоснование;
- б) наличные ресурсы;
- в) главные задачи (или цели).

Конечной целью является обеспечение соответствия объекта этим условиям.

3. Обеспечить, чтобы условия, характеризующие главные задачи, были совместимы как друг с другом, так и с информацией, используемой в процессе проектирования.

Пример

Сформулировать задачи проектирования новой системы городского транспорта.

1. Охарактеризовать ситуацию функционирования объекта.

Заказчики заявляют, что система должна эксплуатироваться в находящемся в их

ведении городе.

Чтобы надлежащим образом охарактеризовать проектную ситуацию, необходимы следующие сведения:

а) период функционирования объекта (в данном случае он равен 20 годам с момента ввода в эксплуатацию);

б) типы городских перевозок (в данном случае только пассажирские);

в) определение места эксплуатации системы (в данном случае все участки города, перегруженные в часы "пик").

На этом этапе проектировщики начинают вскрывать несоответствия в требованиях; например, в течение 20-летнего периода "пиковая" нагрузка может возникать то в одних, то в других участках города.

Определив предварительно проектную ситуацию, проектировщики бегло рассматривают существующее положение дел, а затем переходят к следующему этапу. При первом рассмотрении можно использовать методы, изложенные в разд. 9.2 – 9.4.

2. Определить характерные для ситуации условия, которым должен отвечать объект, чтобы он был принят заказчиками.

а) Определить конечные требования заказчиков к объекту и их обоснование.

В техническом задании для проектировщиков, составленном представителями городских властей, указано на необходимость создания современной системы транспорта, например монорельсовой, которая позволила бы предотвратить дальнейшую перегруженность транспорт-

ной системы и по возможности привела бы к полной ликвидации заторов.

Первой реакцией проектировщиков на это техническое задание является сомнение в том, что монорельсовая система окажется решением проблемы заторов в уличном движении. Однако они должны отложить свои сомнения до той поры, пока не определят диапазон возможных проектных предложений, с которыми заказчики смогут согласиться в данный момент, и более широкий диапазон предложений, которые заказчики смогут принять впоследствии на основании доводов, полученных в процессе проектирования. Оценка проектировщиками конечных требований заказчиков и приемлемых для них предложений должна быть сформулирована как можно более точно.

Для получения такой оценки проектировщики задают прямые и косвенные вопросы, чтобы выяснить причины, по которым техническое задание было сформулировано именно в таком виде. Они приходят к выводу, что заказчики хотели бы, чтобы эта система ликвидировала недовольство людей, испытывающих неудобства в результате транспортных заторов, причем заказчики надеются, что она станет символом прогресса и предметом гордости для большинства жителей города. Таким образом, репутация города как отсталого изменится к лучшему. Этим и объясняется желание ввести систему типа монорельсовой, а не заниматься совершенствованием автобусного транспорта. На основании этого проектировщики приходят к выводу, что шансы на одобрение со стороны заказчика любая предлагаемая ими система будет иметь лишь в том случае, если будут представлены убедительные доказательства того, что она приведет к резкому и немедленному сокращению заторов уличного движения, а также если она будет обладать определенными качествами, вызывающими у людей чувство гордости после того, как им пришлось уплатить повышенные налоги для финансирования проекта.

Следует заметить, что проектировщики смирились с очевидными противоречиями технического задания, но стремятся лишь выяснить, почему эти противоречия возникли. Это позволяет им точнее определить "пространство маневрирова-

ния" заказчиков, а тем самым и установить возможности, имеющиеся для устранения противоречий в техническом задании, не подвергая проект опасности быть отвергнутым заказчиком.

Если пользоваться терминологией теории ценностей (предмет, который выглядит гораздо более полезным в такого рода ситуациях, чем это есть на самом деле), то все изложенные выше соображения можно разбить на две категории: внутренние ценности и инструментальные ценности.

Внутренние ценности, т. е. произвольно установленные ценности, которые не могут быть обоснованы ничем, кроме желаний заказчиков:

- 1) городские власти хотят, чтобы система сама по себе нравилась налогоплательщикам;
- 2) городские власти хотят избавиться от жалоб на заторы в уличном движении;
- 3) городские власти хотят, чтобы им воздали должное за введение новой системы транспорта.

Инструментальные ценности, т. е. такие, которые являются средством достижения изложенных выше целей:

- 4) необходимость создания современной системы типа монорельсовой (один из способов достижения цели 1);
 - 5) необходимость уменьшения транспортных заторов и по возможности даже их полной ликвидации (что является самым очевидным, хотя и отнюдь не единственным способом удовлетворения требования 2; например, более дешевой могла бы оказаться такая мера, как выплата владельцам автомобилей, попавших в "пробку", компенсации в виде выдачи бесплатных талонов на бензин);
- б) **Определить наличные ресурсы.**

Городские власти устанавливают максимальный уровень затрат, подлежащих возмещению местными налогоплательщиками, и оговаривают, что система должна обладать такими свойствами, чтобы можно было обосновать просьбу к федеральным властям о предоставлении 50%-ной дотации. Городские власти, по-видимому, не стремятся собрать дополнительные средства за счет рекламы или выдачи концессий на эксплуатацию этой системы и т. п., если это может нанести ущерб их репутации. Они также не-

одобрительно относятся к сносу частных домовладений для освобождения площадей под строительство, если снос зданий не входит в общие планы перестройки и перепланировки города. В последнем случае часть затрат возмещается из городского бюджета.

в) Определить главные задачи (т. е. задачи, или цели, невыполнение которых может значительно ухудшить проект).

Это наиболее критический момент всего процесса проектирования, поэтому к его выполнению следует привлечь самых квалифицированных специалистов и использовать наиболее надежные источники информации. Главные функциональные задачи должны быть сформулированы именно с той степенью точности, которая обеспечивается наличной информацией, и их следует пересматривать на более поздних этапах проектирования по мере поступления новой информации. Сначала проектировщики лишь с очень малой степенью определенности могут сказать, может ли какая-нибудь практически осуществимая система транспорта удовлетворить требованиям заказчика: 1) ликвидировать жалобы на транспортные заторы, 2) повысить репутацию городских властей и 3) сделаться предметом гордости для жителей. Поэтому они не могут сразу указать такую систему транспорта, которая очевидным образом соответствовала бы всем этим целям. Единственное, что они могут сделать, это предложить в качестве промежуточной "цели исследований" ответ на вопрос, который разрешил бы их основные сомнения: "Какого рода действия имеют высокую вероятность удовлетворить требованиям городских властей?" (Понятие "действия" подразумевает не только транспортные системы, но и любые другие средства, ведущие к достижению конечной цели.)

Как только этот вопрос поставлен, все усилия проектировщиков должны быть направлены на то, чтобы получить первое приближение к ответу. Если они приходят к выводу, что ни одна система транспорта не сможет дать желаемых результатов, они либо требуют выдачи нового технического задания, либо, оставив этот вывод при себе, приступают к работе независимо от него. Если

же они приходят к выводу, что какая-то система транспорта может дать обнадеживающие результаты (а именно из этой предпосылки мы будем исходить в данном случае), проектировщики могут сформулировать *главные задачи* в виде результатов, являющихся общими для всего диапазона возможных решений, предусмотренных на этом этапе. Например: "Система должна обеспечить такое положение, при котором средства передвижения внутри города в течение заданного периода времени не вызывали бы жалоб со стороны пассажиров, стали бы предметом гордости для большинства жителей, не привели бы к недопустимому увеличению налогов и способствовали бы повышению авторитета городских властей".

Эти главные задачи (цели) сформулированы, так, что устанавливается связь между функцией передвижения и задачами более высокого уровня, которые служат критериями, позволяющими как проектировщикам, так и заказчикам судить о приемлемости системы. Эти задачи шире контрольных условий, но не шире оцениваемого проектировщиком "пространства маневрирования" заказчика.

3. Обеспечить, чтобы условия, характеризующие главные задачи, были совместимы как друг с другом, так и с информацией, используемой в процессе проектирования.

Становится очевидным, что первоначальное техническое задание обрастает сетью связанных с ним дополнительных задач. Выбор главной задачи может быть произвольным, но она должна быть понята и одобрена большинством заинтересованных лиц, т. е. быть "онтологической" (см. разд. 12.4). Поскольку все остальные задачи должны логически вытекать из главных задач, необходимо постоянно соблюдать логическую последовательность. Если она нарушается, проект теряет связь с действительностью и вряд ли будет выполнен.

На рис. 9.1 в виде блок-схемы представлены рассмотренные до сих пор задачи (цели).

Главные задачи определяют пространство поиска решения. Поиск включает все средства достижения этих целей;

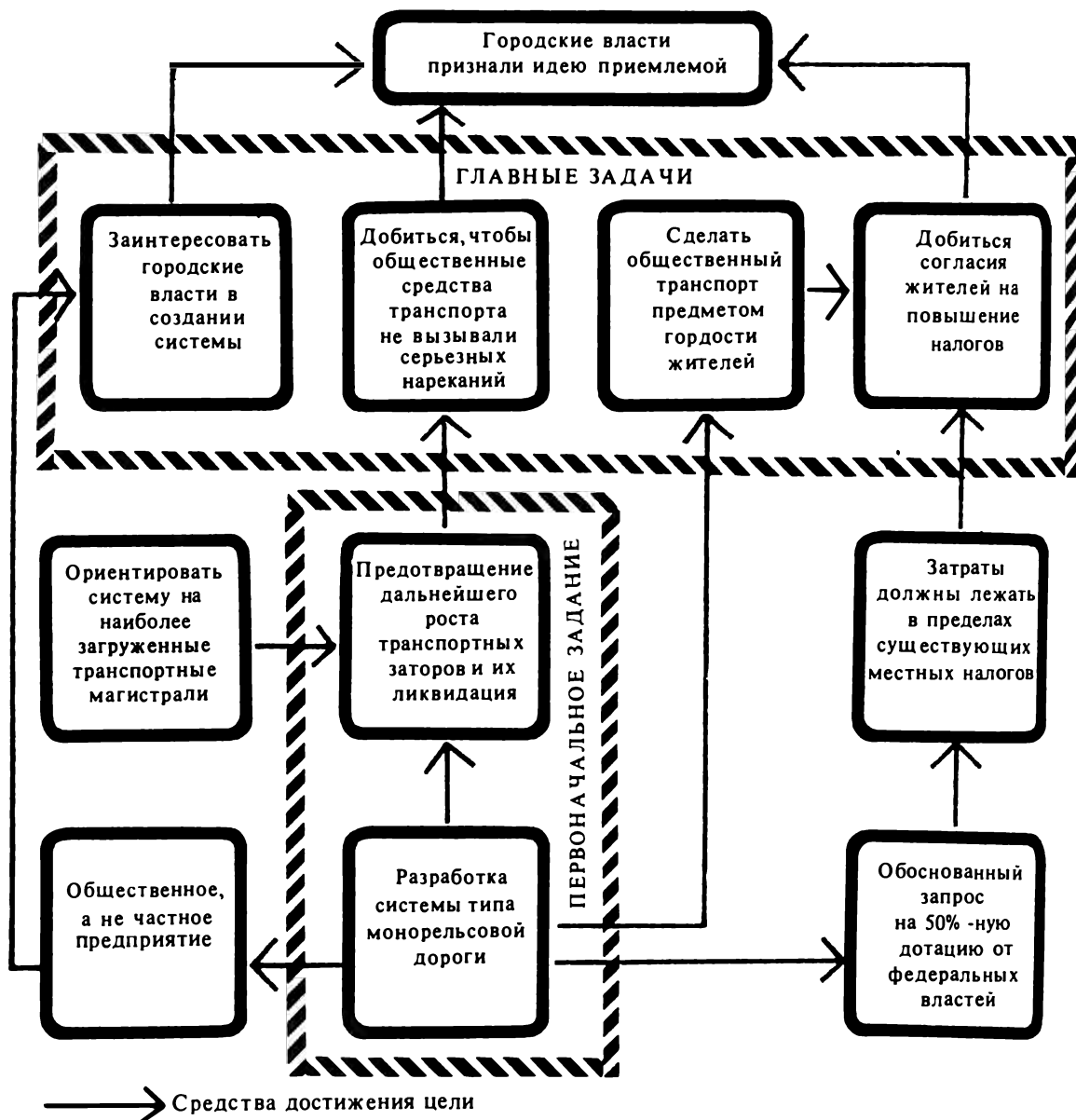


Рис. 9.1.

он не ограничивается только теми средствами, которые представлены на нижней части рис. 9.1.

Следующие этапы расширения этой иерархии таковы: а) поиск *критериев* (разд. 12.2), позволяющих определить, достигнута ли данная цель; б) определение *эксплуатационных характеристик* (разд. 12.4) для указания степени детализации в оценке эксплуатационных свойств.

Рассмотрение примера с городским транспортом продолжено в разд. 9.7 и 11.4.

Замечания

Несомненно, формулирование задачи является одной из важнейших и самых

трудных стадий процесса проектирования. Холл [58] указывает, что любой специалист, утверждающий: "Я только что определил наилучшие цели для данного проекта", — просто-напросто ошибается. Невозможно доказать правильность целей до тех пор, пока не выявлены желательные и нежелательные последствия воздействия системы на ситуацию в целом. Это объясняется тем, что будущая ценность некоторого действия зависит от человеческих мнений, предсказать которые невозможно, поскольку они лишь частично зависят от самого действия; в значительной мере они зависят от реакций заинтересованных лиц. Реакции эти складываются из плохо предсказуемых субъективных оценок и более стабильных оценок социальных. Поэтому

му наибольшее, чего можно добиться при формулировании задач, — это выявить наиболее стабильные моменты в реакциях заказчиков и других лиц, например политиков, коммерсантов, покупателей и потребителей, которые в конечном счете будут сами решать, удовлетворяет ли система их потребностям. Эти относительно стабильные мнения не следует смешивать с мнениями, которые могут изменяться в течение периода существования проекта как из-за внешних причин, так и в результате принятых проектировщиками решений. Есть все основания полагать, что люди не могут ориентироваться в абстрактных или гипотетических целях: они могут выбирать только среди реально ощутимых альтернатив (разд. 12.3). Вполне возможно, что за кажущимся выбором абстрактных целей скрывается, по существу, подсознательный выбор тех реальных следствий, которые из этих абстрактных целей вытекают.

Перечислим некоторые важные моменты, которые следует иметь в виду при рассмотрении неопределенностей, присущих задачам высокого уровня:

а) цели, или задачи, следует формулировать настолько точно или приближенно, насколько это позволяет сделать уровень современных знаний;

б) цели следует пересматривать по мере того, как появляющаяся в процессе проектирования информация либо подтверждает, либо опровергает допущения, на которых были основаны первоначальные цели;

в) следует сформулировать все подцели и показать, что все они необходимы для достижения конечных целей.

Применение

Тщательное формулирование целей, или задач, имеет огромные преимущества для любого вида проектирования. Оно наиболее важно в тех случаях, когда ни заказчики, ни проектировщики не имеют опыта работы по проектированию подобного объекта.

Обучение

Процесс формулирования задач, связанных с разработкой нового объекта, уже сам по себе является процессом

обучения. Сети задач (целей) и их пересмотр в процессе работы можно сравнить с *гипотезами*, постулируемыми учеными и используемыми до тех пор, пока практика их не опровергнет. Их можно также сравнить с "тактикой", в соответствии с которой политические деятели выбирают тот или иной курс действий. Как научное, так и политическое образование могли бы принести пользу в данной области деятельности, где требуется охватывать сознанием всю область сомнений и разрешать их с помощью хорошо продуманных действий. При формулировании задач весьма большую помощь может оказать книга Холла [58]. В ней содержится обширный обзор различных вариантов теории ценностей и измерений, которые могут быть использованы, а также ценные указания, позволяющие предотвратить возможные ошибки. В книге Мангейма и Холла [36] изложен новый, более разработанный и перспективный метод картографирования (графического отображения) задач. Однако она появилась слишком поздно, чтобы автор мог включить ее в этот труд. Обзор теории ценностей с философской точки зрения применительно к процессу проектирования дан в книге Плейделл-Пирса [77].

Стоимость и время

На исследования, необходимые для разработки сетевой схемы задач и подзадач требуется значительно больше средств и времени, чем на переписку и обсуждения, которые, как правило, считаются достаточными для начала работы над крупным проектом. Однако дополнительные затраты на картографирование задач представляются ничтожно малыми при сопоставлении с возможными последствиями отказа от дорогостоящего проекта в процессе работы над ним, если выяснится, что поставленные задачи были сформулированы неправильно или не соответствуют наличным ресурсам.

Библиография

Холл [58], Мангейм и Холл [36], Плейделл-Пирс [77].

9.2. Поиск литературы

Цель

Отыскать опубликованную информацию, полезную для будущих проектных решений, которую можно получить своевременно и без излишних затрат.

План действий

1. Определить цели, для которых разыскивается опубликованная информация.
2. Определить виды изданий, в которых может публиковаться достоверная информация, пригодная для указанных целей.
3. Выбрать наиболее подходящие общепринятые методы поиска литературы.
4. Свести стоимость поиска литературы к минимуму, предусмотрев время на задержки в выдаче информации и непрерывно оценивая как выбор источников информации, так и пригодность собранных данных.
5. Поддерживать точную и полную карту теку признанных полезными документов.
6. Составить и постоянно обновлять небольшую библиотечку для быстрого отыскания нужной информации.

Примеры

А. Бригаде проектировщиков требуется определить размеры тела потенциальных потребителей, для чего им необходима соответствующая научная литература по методам антропометрии.

Б. Архитектору необходимо узнать минимальную ширину интерьера гаража на одну машину.

В. Исследовательская дизайнерская группа должна определить способы решения проблемы комфортабельности автомобильного сиденья.

Эти примеры иллюстрируют коренные различия в направлениях и методах поиска, присущих разным типам информации. Ни один из них не рассматривается здесь сколько-нибудь подробно.

1. Определить цели, для которых разыскивается опубликованная информация.

Пример А. Изучить принципы и состояние вопроса в области знаний, изученной ранее другими специалистами.

Пример Б. Получить точные данные, характерные для некой повторяющейся проектной ситуации.

Пример В. Выбрать примеры из широкой области, в которой информация до сих пор отрывочна и не систематизирована.

2. Определить виды изданий, в которых может публиковаться достоверная информация, пригодная для указанных целей.

Указанные цели предполагают, что поиск информации может идти по следующим направлениям:

Пример А. Сосредоточить внимание на обзорных статьях в солидных журналах и на монографиях и учебниках, избегая оригинальных журнальных публикаций и популярных статей.

Пример Б. Ограничиться публикациями прикладного характера, написанными авторами, которые сталкивались ранее с аналогичными проблемами. Разыскать государственные или отраслевые стандарты, а если таковые не существуют, найти основанные на практическом опыте отчеты солидной промышленной фирмы. Избегать публикаций теоретических разработок.

Пример В. Отыскать теоретические, технические и популярные публикации любого типа по более широкой проблеме, чем разработка автомобильного сиденья, например изучить сиденья в других видах транспорта. Особое внимание следует обратить на те публикации, в которых рассматриваются критические замечания потребителей в отношении автомобильных сидений, т. е. популярные автомобильные журналы и коммерческую прессу.

Необходимо помнить, что объем *действительных знаний*, содержащихся в любой библиотеке, меньше, чем мо-

жет показаться на основании огромного количества собранных в ней информационных документов. Большинство публикаций, как научных, так и любых других, являются простым повторением или незначительным дополнением к фундаментальным открытиям, которые сами по себе появляются очень редко. Сведения, публикуемые в большей части книг и материалов (как и сведения, содержащиеся в данной книге), повторяются в различных изданиях. Основную трудность составляет вопрос, где их искать.

3. Выбрать наиболее подходящие общепринятые методы поиска литературы.

Стандартные методы поиска охватывают следующие способы выявления и нахождения необходимых типов публикаций:

- а) обращение к энциклопедическим словарям – для получения самой информации или (что более вероятно) для нахождения ссылок на солидных авторов и на их публикации;
- б) использование библиотечных каталогов и указателей;
- в) консультации с библиографами или сотрудниками информационных служб;

г) консультации с экспертами по телефону, путем переписки или личной беседы (это может привести к задержкам во времени или к необходимости оплатить консультацию, так как специалисты обычно очень перегружены);

д) обращение к реферативным журналам или их перечням;

е) использование механизированных или автоматизированных ключевых указателей и других аналогичных средств поиска информации, если таковые существуют. Вероятнее всего, такие средства можно найти в специализированных организациях, обслуживающих отрасль промышленности или специалистов определенной области знаний, а не в общедоступной городской или университетской библиотеке;

ж) консультации у исследователя, который по характеру своей работы уже мог собрать разыскиваемые публикации;

з) просмотр периодической литературы.

Вполне вероятно, что после выполнения этапов 1 и 2 в распоряжении специалистов окажется прежде всего следующий набор информационных источников:

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ	ПРИМЕР А	ПРИМЕР Б	ПРИМЕР В
а) Энциклопедии	ДА	—	—
б) Каталоги	да	—	да
в) Библиографы	—	да	да
г) Эксперты	ДА	да	—
д) Рефераты	—	—	да
е) Ключевые слова и т. п.	—	—	да
ж) Другие исследователи	да	ДА	—
з) Периодика	—	—	ДА

Наиболее вероятные источники указаны прописными буквами: ДА.

Следует заметить, что бывает очень трудно, а иногда и невозможно выразить цели поиска с помощью терминологии, используемой в библиотечных каталогах. Это объясняется тем, что универсальная система классификации ограничивается несколькими терминами, имеющими широкое распространение, а также тем, что структура новой проблемы часто

противоречит структуре существующих знаний.

Иногда бывает также очень трудно довести истинные цели данного поиска информации до библиографов и экспертов, к помощи которых прибегают. Столкнувшись с подобной трудностью, можно впасть в крайность и охарактеризовать проблему слишком широко,

опасаясь упустить какой-либо существенный аспект в информационном запросе; на деле это приводит к выдаче большого объема нерелевантной или уже известной информации. Правильная тактика состоит не в том, чтобы рассказать библиографу или эксперту то, что вам известно, а в том, чтобы с максимальной возможной точностью сформулировать, что именно вам неизвестно; например, вместо того чтобы запрашивать "любую информацию по антропометрии" (в результате чего для примера А появится масса нерелевантных данных о размерах человеческого тела), следует сказать: "Я не знаю, как производить обмеры тела человека" и "Мне надо узнать наилучший способ их выполнения".

$$\text{Полнота поиска} = \frac{\text{Число выданных релевантных документов}}{\text{Число релевантных документов в массиве}}$$

На рис. 9.2 эти величины представлены как отношения области пересечения к каждой из двух областей:

$$\text{Погрешность поиска} = \frac{\text{Выдача}}{\text{Шум}}$$

$$\text{Полнота поиска} = \frac{\text{Выдача}}{\text{Потери}}$$

Современные механизированные системы поиска могут обеспечить полноту поиска до 90% и погрешность до 50% [78]. При ручном поиске неопытный ис-

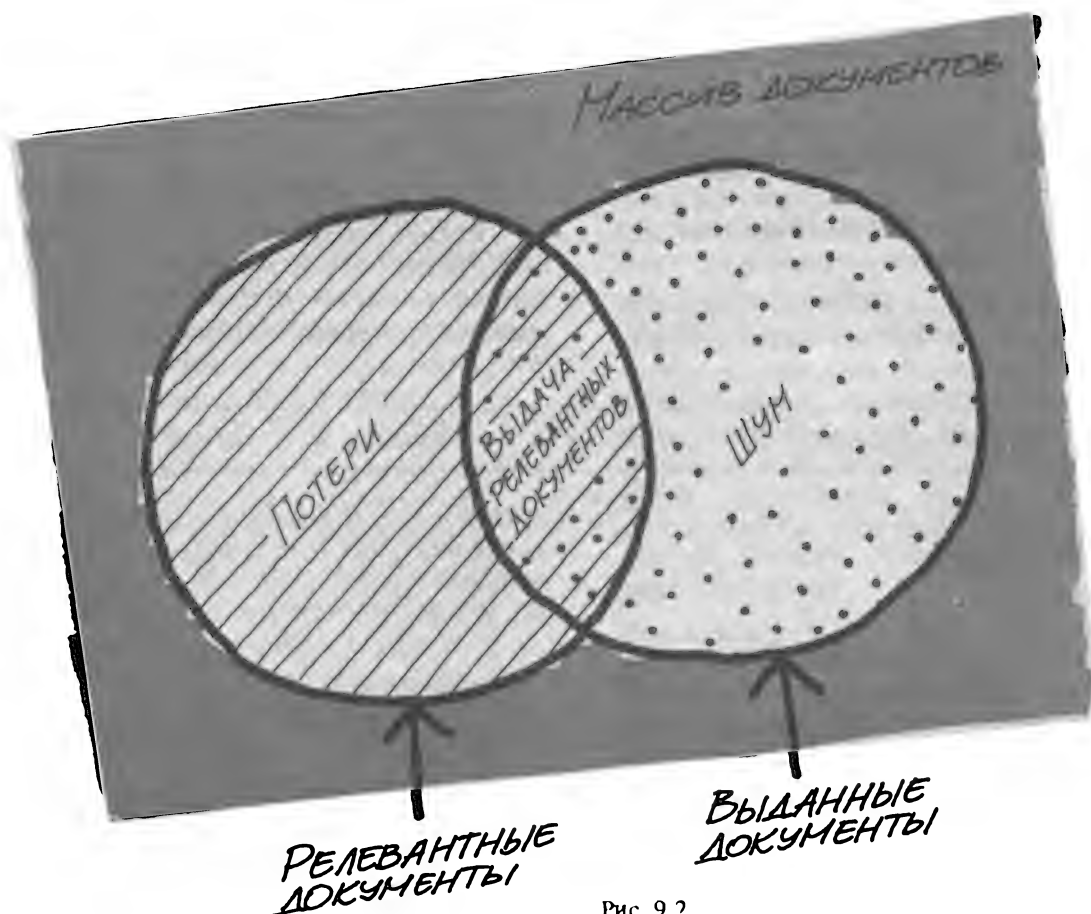


Рис. 9.2

Эффективность (а точнее сказать, неэффективность поиска информации) может определяться двумя соотношениями:

$$\text{Погрешность поиска} = \frac{\text{Число выданных релевантных документов}}{\text{Общее число выдач}}$$

следователь может получить коэффициенты полноты и погрешности, приближающиеся в обоих случаях к нулю. Отсюда вытекает необходимость совершенствования стратегий поиска литературы.

Из рис. 9.2 ясно видно, что библиографам и экспертам надо сообщать имен-

но "области незнания", а не, наоборот, "область знания". Левый круг (назовем его "мишенью") как раз и представляет "область незнания". Поиск за пределами этой области может продолжаться бесконечно долго, прежде чем будет зарегистрировано одно-единственное "попадание" (правильная выдача). Однако рис. 9.2 позволяет сделать еще один полезный вывод: раз специалист занимается *поиском*, то он по определению не знает, где *существует* то, что он ищет. Поэтому было бы ошибкой отказаться от какого-то информационного источника на том основании, что у специалиста отсутствует предыдущий опыт, который указывал бы на наличие в этом источнике полезной информации.

4. Свести стоимость поиска литературы к минимуму, предусмотрев время на задержки в выдаче информации и непрерывно оценивая как выбор источников, так и пригодность собранных данных.

Очень легко утратить контроль за поиском литературы и оказаться в конечном счете при менее полезной информации, чем та, которую можно было бы собрать за то же самое время в процессе непосредственного исследования проектной проблемы. Это может произойти, если слишком много времени уделяется уточнению названия, отысканию и чтению информационных документов и слишком мало времени остается на оценку их релевантности по отношению к данной проблеме. Ниже даются некоторые рекомендации относительно контроля за временем поиска литературы.

а) Определить, сколько времени может быть отведено на поиск литературы, и наметить дату, к которой он должен быть завершен, чтобы собранная информация могла повлиять на проектные решения.

б) Предусмотреть возможные задержки в выдаче документов из отдаленных источников информации.

в) Свести до минимума количество источников, отобрав на первом этапе только наиболее перспективные.

г) Использовать мнения экспертов (т. е. изучить обзоры книг, обзорные статьи и

личные советы эксперта), чтобы выявить наиболее перспективные источники информации и сократить длинные перечни документов, получаемые от библиографов, из библиографических указателей, по рефератам и с помощью поисковых систем.

д) При отсутствии какого-либо иного метода отбора следует руководствоваться репутацией автора и издания, а также качеством изложения вопроса в данном документе.

е) Получить и ознакомиться с *некоторыми* материалами из каждого источника в самом начале поиска и сделать вывод об их пригодности для решения данной проблемы. Продолжить подобную выборочную проверку информационных источников и направить поиск по каналам, выдавшим наиболее релевантную информацию.

ж) Следует помнить, что, хорошо усвоив характер проблемы, можно за несколько минут или даже секунд извлечь релевантную информацию из обширного информационного документа. Поэтому поиску литературы должно *предшествовать* достаточно тщательное рассмотрение и обдумывание проектной ситуации, что может способствовать возникновению спонтанных мыслей в минуту отдыха. Это приведет к значительному сокращению времени на просмотр литературы и возможному увеличению объема релевантных данных. Не следует огорчаться, если объемистая книга, на поиск которой затрачено много времени, будет отвергнута уже с первого взгляда. Быстро возвратив книгу, от которой нужно было бы отказаться еще до ее получения, можно тем самым сократить потери как своего времени, так и времени других специалистов.

з) Следует применять принципы "скороочтения", чтобы сократить время на ознакомление с информацией, которая, хотя и интересна, но нерелевантна. Одним из методов скороочтения является трехкратный просмотр страницы с последовательно уменьшающейся скоростью. При первом пробегании страницы в течение 10 с запоминаются некоторые главные слова и словосочетания. При втором просмотре, занимающем около 20 с,

внимание концентрируется уже на основных мыслях, а не на отдельных словах. Третий просмотр в течение примерно 30 с состоит в медленном прочтении наиболее важных отрывков, выявленных за первые два просмотра и признанных существенными. Такой метод выборочного чтения может вдвое сократить общее время и *увеличить* объем удерживаемой в памяти и усвоенной информации. Однако он требует некоторой практики в чтении страниц за четко фиксированные отрезки времени — 10, 20 и 30 с, после чего он превращается в навык [9].

5. Поддерживать точную и полную картотеку признанных полезными документов.

Имеются две трудности, мешающие точной регистрации информационных документов:

а) относительно длительное время записи на стандартных карточках и сверки ссылок на них;

б) непонимание того, что отрывочные записи, достаточные для непосредственных нужд специалиста в данный момент, могут оказаться недостаточными для получения информации на более позднем этапе работы.

Затраты времени на составление точной карточки на каждый документ, если он признан релевантным, будут компенсированы значительной экономией времени на более поздних этапах работы, например когда нужно будет составить библиографию для окончательного отчета.

Существует несколько общепринятых форм ссылок, используемых, в разных отраслях знаний. Одна из лучших форм применяется в биологических науках (примеры можно найти в помещенной в конце этой книги библиографии). Эту форму очень легко использовать в тексте следующим образом: (Smith, 1960). При этом можно обойтись без нумерации ссылок и без подстрочных примечаний, а читатель получает непосредственную информацию об авторе и времени публикации. Такая форма значительно упрощает также составле-

ние, корректирование и печатание отчета, так как включение дополнительных ссылок или исключение некоторых из них не требует внесения каких-либо изменений в другие ссылки¹⁾.

6. Составить и постоянно обновлять небольшую библиотечку для быстрого отыскания нужной информации.

Из-за длительных задержек в получении необходимой литературы наблюдается тенденция составлять собственные библиотечки и включать в них все, что попадает под руку и, как кажется, может пригодиться в будущем. Однако делать это целесообразно лишь в тех случаях, если заранее можно достаточно точно предсказать, для чего понадобятся эти материалы, и если объем этой библиотечки достаточно мал, чтобы можно было быстро просмотреть ее визуально и сразу отобрать то, что нужно. Такие библиотечки имеют тенденцию быстро разрастаться; они становятся слишком громоздкими, чтобы обращаться к ним каждый раз, когда нужно выяснить, имеется ли под рукой необходимая информация. В то же время подробная каталогизация и перекрестная индексация обходятся слишком дорого и оправданы лишь в том случае, если библиотечкой пользуются многие специалисты. Простым выходом из положения при разрастании персональной библиотечки является безжалостное ее "пропалывание" и изъятие из нее всего, что не имеет непосредственного отношения к данной проблеме.

Замечания

Принципиальные трудности поиска литературы связаны не с размерами "информационного взрыва", а с бедностью "промежуточного" языка библиотечных классификаций и указателей, отделяющих массив публикаций от массива проблем, для решения которых они могут использоваться.

Каталожные рубрики, кодовые числа и ключевые слова очень неполно отра-

¹⁾ К сожалению, в изданиях на русском языке такая форма ссылок на иностранных авторов не всегда удобна из-за различия алфавитов. — *Прим. ред.*

жают содержание опубликованных документов и всю сложность специфической проблемы, а ведь именно они должны передавать сведения от информационного документа потребителю. Поэтому можно предположить, что прежде, чем будет найдена полезная информация, потребителю будет выдана масса нерелевантных публикаций.

Однако в этой обескураживающей картине есть два светлых пятна. Первое — поразительно высокая скорость, с которой можно обнаружить то, что нужно, в массе нерелевантной информации. Второе — наличие других специалистов, которые либо уже просматривали публикации и составляли по ним обзоры, обращая внимание на их положительные стороны, либо ранее разыскивали то, в чем возникла необходимость в настоящий момент, и знают наилучшие пути поиска. Очевидно, что в предлагаемой здесь методике поиска литературы широко используются как высокая скорость визуального просмотра, так и знания других лиц, уже занимавшихся подобным поиском, благодаря чему случаи бесплодного поиска сводятся к минимуму.

Применение

Описанная здесь методика применима к любому поиску литературы, если на него отводится более часа или двух.

Обучение

На основании высказываний библиографов можно прийти к выводу, что большинство специалистов, занимающихся поиском литературы, пользуются неэффективной методикой. По всей вероятности, эффективность поиска нельзя повысить без целенаправленного стремления к применению на практике методов, описанных в данном разделе.

Стоимость и время

Неэффективный поиск информации может связать руки высокооплачиваемым специалистам на многие месяцы и привести к дорогостоящим задержкам на начальной стадии работы над проектом. Некоторые исследователи указывают, что порой дешевле и быстрее заново изучить вопрос, чем искать результаты

предыдущих исследований по данному вопросу.

Библиография

Де Лиюв [9], Джибб [78].

9.3. Выявление визуальных несоответствий

Цель

Определить направления, по которым должен идти поиск путей совершенствования художественно-конструкторского решения.

План действий

1. Изучить образцы и (или) фотографию существующих изделий.
2. Определить очевидные несоответствия и противоречия в компоновке и назначении деталей конструкции.
3. Определить причины этих несоответствий и доказать целесообразность изменения художественно-конструкторского решения.
4. Предусмотреть пути ликвидации несоответствий и способы приведения конструкции в соответствие с условиями эксплуатации.

Пример

Типовой мотоцикл (рис. 9.3).

1. Изучить образцы и (или) фотографии существующих изделий.

В данном случае образец изучался визуально в течение получаса. Можно увеличить время изучения и дополнительно использовать сведения о технических характеристиках и внешнем виде изделия, например, путем непосредственной его эксплуатации проектировщиком.

2. Определить очевидные несоответствия и противоречия в компоновке и назначении деталей конструкции.

А. Поиск визуальных несоответствий.

Речь идет о таких особенностях конст-

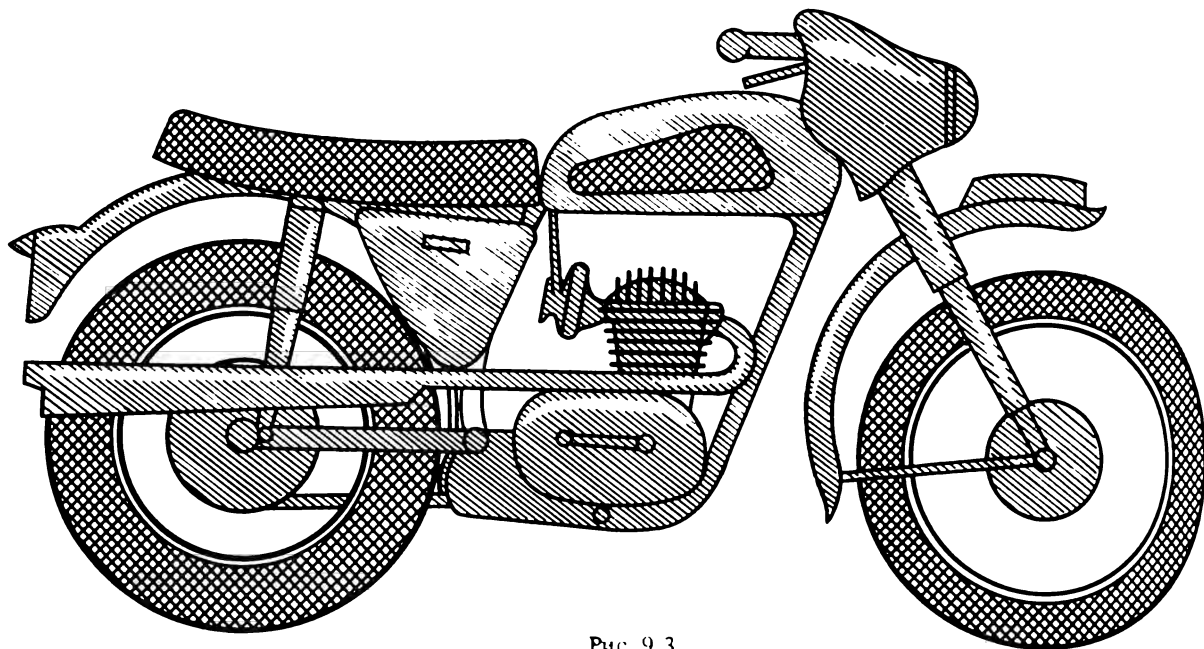


Рис. 9.3

рукций, которые не могут быть обнаружены без небольшого, но все же ощутимого сдвига внимания, т. е. об элементах, вызывающих легкое удивление у наблюдателя. Восприимчивость к визуальным несоответствиям быстро повышается с приобретением практического навыка и часто значительно более выражена у лиц, имеющих отношение к изобразительному искусству.

В мотоцикле обнаружены следующие визуальные противоречия:

Кривизна крыльев не повторяет форму колес.

Вертикальное положение цилиндра двигателя при наклонном положении почти всех остальных деталей.

Компактное расположение всех деталей, за исключением области у головки цилиндра, где на первый взгляд пространство используется нерационально. Такое впечатление усиливает форма *верхней части* топливного бака и его *плоской нижней поверхности*.

Высокое расположение бака и сиденья и низкое расположение коробки передач. Вызывает удивление тот факт, что между ними имеется открытое пространство.

Б. Выявление функциональных противоречий, т. е. несоответствий между изделием и средой.

При изучении мотоцикла были найдены следующие функциональные противо-

речия:

Положение ног водителя в непосредственной близости от движущихся и нагреваемых частей, которые не полностью защищены: недостаток общеизвестный, но широко распространенный.

Наклон передней эллиптической вилки наводит на мысль, что можно добиться более полного согласования характеристик управления мотоциклом с требованиями его эксплуатации, качеством дорожного покрытия и удобством водителя.

Выхлопная труба значительно длиннее, чем она могла бы быть при другом положении цилиндра.

Не видно серьезных причин для *вертикального* расположения цилиндра. (Второстепенной причиной могло бы быть стремление обеспечить горизонтальное прохождение воздуха через охлаждающие каналы, однако представляется возможным сделать эти каналы горизонтальными и при наклонном положении цилиндра.)

Отсутствие принудительного охлаждения наводит на мысль, что эксплуатационные характеристики двигателя ниже, чем они могли бы быть при данных размерах двигателя.

Почему так элементарны средства подачи топлива и воздуха в двигатель мотоцикла? Почему не используется топливный насос или нагнетатель?

Если проследить всю конструкцию от втулки ведущего колеса через транс-

миссию и коробку скоростей до головки цилиндра, то вертикальное положение последнего не представляется результатом логически продуманной цепи умозаключений. Многие решения в этой цепи представляются произвольными.

Почему топливный бак помещен в такое неудобное место по отношению к водителю? (При наличии топливного насоса бак может иметь любую форму и положение.)

3. Определить причины этих несоответствий и доказать целесообразность изменения художественно-конструкторского решения.

Обнаруженные несоответствия относятся главным образом к цилиндру и топливному баку. Причинами принятого расположения могут быть:

- а) Опыт проектирования педальных велосипедов, в которых остается мало места для дополнительных элементов, за исключением зоны между педалями и поперечиной рамы.
- б) Большой диаметр колес первых мотоциклов. Теперь при наличии хороших дорог и усовершенствованной конструкции шин и подвески это не является необходимостью.
- в) Низкая стоимость мотоциклов, что в прошлом являлось препятствием для использования топливного насоса или принудительного охлаждения.
- г) Неудобное положение рулевой колонки, обусловленное большим диаметром переднего колеса.

Появление мотороллера свидетельствует о том, что улучшение качества дорожных покрытий и необходимость обеспечения больших удобств потребителю привели к ликвидации колес большого диаметра и более рациональной компоновке двигателя и бака.

Почему же все еще имеется потребность в мотоциклах с большими колесами? Потому ли, что ими можно пользоваться на плохих дорогах, или потому, что это связано с романтическими ассоциациями, или же по той причине, что у мотороллеров значительно меньше скорость?

4. Предусмотреть пути ликвидации несоответствий и способы приведения конструкции в соответствие с условиями эксплуатации.

Нерациональное размещение двигателя и бака можно ликвидировать путем:

- а) уменьшения диаметра колес без уменьшения скорости, приемистости, маневренности и устойчивости;
- б) более низкого размещения сиденья и изменения позы водителя;
- в) уменьшения пространства, необходимого для обтекания цилиндра воздушным потоком (используя принудительное охлаждение);
- г) наклона цилиндра вперед и размещения бака позади цилиндра, т. е. создания невысокого компактного силового блока, с которым соединены колеса, подвеска рулевой колонки и сиденье;
- д) обеспечение такого положения рулевой колонки и других органов управления, которое не влияет на положение водителя, так как используется более гибкая связь последнего с системой управления.

Указанные соображения нельзя применять механически без серьезного изучения их практичности. Тогда может выясниться, что противоречия, обнаруженные в начале работы, либо неизбежны, либо таковы, что их можно ликвидировать, использовав технические достижения, появившиеся уже после придания мотоциклу его нынешней формы. Стабильность или нестабильность проектной ситуации — достойный предмет исследования.

Замечания

Цель состоит в том, чтобы определить противоречия и компромиссы в проектировании, неизбежные в прошлом, но которые можно ликвидировать в будущем. Предполагается, что подобные противоречия в конструкции ухудшают также и внешний вид изделия и что опыт в визуальном изучении спроектированных предметов позволяет быстро их обнаружить. Возможно, что оперативность,

с которой художники-конструкторы могут улучшить изделие, объясняется главным образом их восприимчивостью к визуальным несоответствиям и их способностью представить себе возможный отход от традиционных художественно-конструкторских решений. Уязвимое место этого подхода состоит в высоких затратах на оценку осуществимости предлагаемых изменений. Реализация предложений зависит от целого ряда причин, обусловивших первоначальное художественно-конструкторское решение, и их необходимо тщательно изучить, если предлагается коренная переработка конструкции. Очевидно, что визуальные несоответствия являются хорошей отправной точкой для изучения конструкции. В дальнейшей работе такие исследования будет легче проводить, если выработается привычка регистрировать, а не предавать забвению те рассуждения, на которых основывается каждое художественно-конструкторское решение.

Применение

Метод может применяться при разработке любого изделия, конструкция которого не менялась в течение длительного периода. Он в особенности полезен в тех случаях, когда в конструкцию уже вносились незначительные изменения в зависимости от условий эксплуатации, но когда конструкция еще не подвергалась существенной переработке.

Обучение

У любого художника-конструктора должны быть в значительной степени развиты обостренное восприятие визуальных несоответствий, умение делать выводы и способность сопоставлять альтернативные решения. Однако наилучшие результаты этот метод даст при наличии художественного образования и глубоких знаний технологических трудностей и других причин, препятствующих реализации проекта. Однажды изучив этот метод, его затем легко применять на практике.

Стоимость и время

Затраты могут быть достаточно высокими, если для проведения подобной

экспертизы изделия необходимо привлечь к работе опытного художника-конструктора. Многие конструкторы, работающие в областях, отличных от художественного конструирования, могут почувствовать себя достаточно компетентными для использования этого метода даже без особой тренировки в области визуальной оценки.

Библиография

Литературы, освещающей описанный метод, нет. Автор разработал его путем обобщения собственного опыта художественного конструирования. Однако метод этот бессознательно используется многими художниками-конструкторами, в особенности теми, кто больше внимания уделяет функции изделия, чем его внешнему виду.

9.4 Интервьюирование потребителей

Цель

Собрать информацию, известную только потребителям данного изделия или системы.

План действий

1. Выявить ситуации потребления, имеющее отношение к исследуемой проектной ситуации.
2. Получить согласие всех лиц в рамках ситуации потребления, на которых может оказать влияние присутствие интервьюирующего или внедрение нового проекта.
3. Побуждать потребителей к описанию и демонстрации любых аспектов их деятельности, которые они считают важными.
4. Направить беседу на обсуждение тех аспектов деятельности потребителя, которые имеют непосредственное отношение к исследуемой ситуации.
5. Зафиксировать во время интервью или сразу же после него как основные, так и побочные выводы.
6. Получить замечания потребителей (если это целесообразно) относительно

выводов, сделанных на основании интервью.

Примеры

Поскольку ни один из примеров не может проиллюстрировать все указанные аспекты, ниже приводятся несколько различных ситуаций потребления.

1. Выявить ситуации потребления, имеющие отношение к исследуемой проектной ситуации.

Здесь рассматриваются три проектные ситуации:

- а) Перекомпоновка кабины машиниста и пульта управления тепловоза.
- б) Исследование возможностей повышения комфортности автомобильного сиденья.
- в) Разработка системы визуальных указателей для ориентировки посетителей внутри большого здания.

Для каждого случая выделены свои особые типы потребителей:

- а) Водители тепловозов, дорожные инспекторы и инструкторы.
- б) Водители такси и автобусов на дальних рейсах (т. е. те, кто проводит в машине значительно больше времени, чем владельцы индивидуальных автомобилей).
- в) Курьеры в крупных учреждениях и различные посетители, с трудом ориентирующиеся внутри больших зданий.

2. Получить согласие всех лиц в рамках ситуации потребления, на которых могут оказать влияние присутствие интервьюирующего или внедрение нового проекта.

Часто возникает искушение пренебречь этим важным этапом, поскольку *кажется*, что со многими потребителями можно непосредственно вступить в контакт. На самом деле их окружает стена недоверия и неуверенности. Специалист, берущий интервью, должен получить согласие тех, кому потребители подчиняются, и (что не менее важно) тех, кто представляет их интересы. Очень важно провести первый опрос среди руководителей, которые принимают решение о

реализации сделанных предложений, а затем получить разрешение на последовательное проведение опроса на всех промежуточных административных уровнях. Необходима также серия параллельных опросов профсоюзных деятелей, причем и в этом случае начинать надо на том уровне, на котором могут быть одобрены или отклонены возможные изменения в проекте.

В течение этой по необходимости медленной процедуры согласования обычно наблюдается переход от повышенного интереса на уровне руководства через безразличие и пренебрежение со стороны работников среднего звена к ярко выраженному стремлению самих потребителей высказать свое мнение людям, которые действительно проявляют интерес к их работе или могут служить беспрепятственным каналом связи между ними и руководящими лицами администрации и профсоюзов. Обычно опрос кончается тем, что интервьюирующий проникается большим уважением к опрашиваемым за то, что они в существенной степени компенсируют такие недостатки системы, о которых, кроме них самих, никто и не догадывается. В задачу интервьюирующего как раз и входит исследование этого несоответствия между желаемым и действительным.

Пути согласования точек зрения в наших трех примерах были совершенно различными. Поскольку изменения в конструкции кабины тепловоза должны были быть одобрены двумя соперничающими отделами, ответственными за эксплуатацию и за разработку оборудования, нужно было получить согласие руководства обоих отделов. Первая просьба была хорошо встречена руководителями каждого отдела, так как они увидели в этом возможность ликвидировать информационный барьер между отделами. Поэтому каждая сторона предоставила в распоряжение интервьюирующего такие возможности, в которых она отказала бы другой стороне. (Когда позднее интервьюирующий попытался использовать кажущееся отсутствие информационных барьеров между отделами для обеспечения поддержки проектным предложениям, одна из сторон резко изменила свое отношение и наложила вето на дальнейшее изучение вопроса.)

В случае исследования автомобильного сиденья нужно было начинать опрос на самом нижнем уровне, так как владельцы таксомоторных и автобусных парков не проявили бы никакого интереса к использованию выводов интервью для совершенствования сидений автомобилей индивидуального пользования.

Получение разрешения на опрос курьеров и посетителей внутри большого здания осложнялось тем, что введение новой системы визуальных указателей коснулось бы очень многих административных работников и могло бы потребовать переименования отделов, изменения технологии изготовления указателей и пересмотра штатов работников. Во всех случаях сами служащие и потребители высказали полную готовность к сотрудничеству.

3. Побуждать потребителей к описанию и демонстрации любых аспектов их деятельности, которые они считают важными.

Полезно составить вопросник, чтобы интервьюирующий помнил об основных спорных аспектах проекта, но нецелесообразно проводить опрос так, чтобы потребитель понял, что лишь немногие аспекты его работы представляют интерес. Цель интервью — заставить потребителей спонтанно высказываться о тех аспектах их работы, которыми они наиболее озабочены. К ним могут относиться и такие аспекты, о которых сам интервьюирующий не подозревает, хотя они имеют самое непосредственное отношение к формулированию проектных задач.

Так, машинисты тепловозов указали на то, что основную трудность в пути для них представляет не ориентирование в показаниях приборов и органах управления, а точное определение местонахождения поезда в данный момент. Они определяют его, сопоставляя элементы ландшафта за окном кабины и звук работы двигателя с привычными ассоциациями для каждой точки пути. Отсюда можно сделать выводы, что обзор из кабины и звук работающего двигателя (повышающийся или понижающийся в зависимости от уклона дороги) значительно важнее, чем шкалы и сигнальные лампы приборов, характеризующие работу двигателя. Как и другие операторы,

работающие в кабинах транспортных средств, машинисты оказались весьма чувствительными к сквознякам, к которым они не в состоянии адаптироваться, но которых не могут и избежать, так как вынуждены находиться в определенном месте и фиксированной рабочей позе.

Опрос шоферов такси показал, что их больше волнует проблема разборчивости речи в шуме, чем комфортность сиденья. Они главным образом жаловались на то, что шум работы двигателя заглушал едва доходившие до водителя указания пассажиров, с трудом проникавшие через стеклянную перегородку, отделяющую салон от водителя в английских такси. Один из водителей выложил пол мягким покрытием, чтобы заглушить шум двигателя в своей машине. Всегда полезно уделять внимание тем примитивным способам, которыми потребители приспосабливаются к оборудованию, причем важно выяснить, почему они так делают. Некоторые из опрошенных водителей изменили наклон подушек сиденья в обратную сторону, что облегчило им доступ к ножному управлению.

4. Направить беседу на обсуждение тех аспектов деятельности потребителя, которые имеют непосредственное отношение к исследуемой ситуации.

Часто конструкторам требуется информация о таких аспектах рабочего процесса, над которыми потребители не имеют оснований серьезно задумываться, так как им удалось успешно приспособиться к оборудованию. Ни один из опрошенных водителей не находил сиденья неудобным, но интервьюирующий заметил, что большинство из них просто не сознавали неудобного положения своего тела, хотя оно может приводить к снижению уровня внимания, а при постоянном воздействии в течении длительного времени наносит ущерб их здоровью.

Если интервьюирующий обнаруживает, что над некоторыми интересующими его аспектами потребитель специально не задумывался, необходимо в беседе вновь сосредоточить внимание на том, что потребитель считает важным. (Эти неосознанные аспекты работы более подробно рассматриваются в разд. 9.6.)

Ведь очень легко потерять доверие потребителя, если настойчиво продолжать разговор о том, что тот считает тривиальным или не имеющим отношения к делу.

Ниже даны три вида скрытой информации, которая может оказаться важной для потребителя и полезной для конструктора:

- а) нормальные и аномальные схемы деятельности;
- б) мотивировка действий;
- в) источники информации, используемые операторами.

Курьеры, опрошенные относительно ориентировки в большом здании, смогли дать релевантную информацию по всем трем пунктам. Они достаточно точно подсчитали количество людей, затрудняющихся в ориентировке, и указали места, которые трудно найти. Они смогли даже предсказать, куда направляется тот или иной посетитель (даже если он не спрашивал о том, как куда-то пройти), и обосновали, почему посетители могли заблудиться в здании. Когда курьеров спросили о их собственных источниках информации, выяснилось, что они не всегда полностью информированы об изменениях в размещении отделов, но сами компенсируют недостаток информации, задавая вопросы рабочим, перетаскивающим мебель. Метод опрашивания потребителей с целью выяснения неудовлетворительных аспектов проектной ситуации, т. е. метод "зачем — почему — отчего?", рассматривается как одна из составных частей метода, представленного в разд. 11.4.

5. Зафиксировать во время интервью или сразу же после него как основные, так и побочные выводы.

Простейшим видом регистрации интервью является протокольная запись. Однако ее трудно сделать в процессе интервью; в то же время не следует полностью полагаться и на свою память. Магнитофонная запись затрудняет расшифровку и анализ. Вероятно, наиболее эффективным способом является запись основных тем и точных фактов во время интервью, а затем, сразу же после интервью, дополнение их более подробной информацией по памяти (это можно де-

лать, скажем, уже сидя в машине, когда ничто больше не отвлекает внимания).

Чтобы уменьшить недоверие со стороны опрашиваемого и сократить перерывы в беседе, можно показать ему, что вами записано, и попросить исправить запись, если он найдет это нужным. Дополнения и мысли, записанные сразу же после интервью, могут быть весьма подробными и должны содержать не только ответы опрашиваемого, но и спонтанные мысли интервьюирующего (разд. 8.1). Одно из преимуществ интервьюирования потребителей состоит в том, что берущий интервью глубоко вникает в суть проблемы, а эмоциональная обстановка интервью может способствовать появлению новых идей или направить рассуждения по новому пути.

Очень важно регистрировать также побочную информацию, которая в данный момент может показаться несущественной, но представит ценность для тех, кто впоследствии будет в своих действиях исходить из собранной информации. К важной побочной информации, по которой другие специалисты могут уточнить и оценивать результаты интервью, относятся фамилия, возраст и пол интервьюируемого, время и место взятия интервью. Часто бывает полезно записать такую дополнительную информацию, как состояние погоды, примерный рост и вес интервьюируемого, "возраст" оборудования и время, в течение которого на нем работает опрашиваемый, а также характер и длительность профессионального обучения последнего.

6. Получить замечания потребителей (если это целесообразно) относительно выводов, сделанных на основании интервью.

Когда читаешь газетный отчет об известных вам событиях, начинаешь понимать, что то, что кажется истинным репортеру, представляется порой искаженным тому человеку, о высказываниях и поступках которого идет речь в газетной статье. Поэтому полезно получить замечания потребителей на отчет о приписываемых им взглядах, знаниях и действиях. К сожалению, повторная проверка мнений — дело очень длительное, но в результате ее можно выявить, что было неправильно понято, уточнить тер-

мины и внести коррективы в варианты окончательных отчетов. Подобная процедура в полном объеме была проделана группой архитекторов Британского министерства энергетики. После проведения интервью с большим количеством работников электростанций были собраны их письменные замечания относительно выводов, сделанных на основании интервью. Затем с ними провели повторные интервью, и только после этого был подготовлен окончательный вариант отчета. На такое исчерпывающее исследование потребовалось несколько человеко-лет, но в результате архитекторы смогли выпустить справочник по архитектуре и строительству электростанций, который пользуется большим спросом и сослужил хорошую службу в ликвидации разногласий, существовавших до того между инженерами и архитекторами. Руководствуясь материалами справочника, архитекторы уменьшили размеры служебных помещений электростанций и выявили мешающие эффективной работе персонала недостатки, которые можно устранить, изменив архитектурное и планировочное решение зданий электростанций.

Эта работа была проделана сотрудниками министерства А. Мерреем и Д. Мидлтоном; примеры из справочника использованы в разд. 11.1 и 11.2.

Замечания

Большую часть существенных трудностей в получении полезной информации от потребителей можно преодолеть, если ограничить задачи интервью выявлением данных, которые должны быть известны потребителю по характеру его работы, но о существовании которых никто не подозревает. Полезно сопоставить эту информацию, получаемую только в *свободном интервью*, с другими данными, которые целесообразнее выявить путем *свободного наблюдения* за потребителем, путем *структурированного наблюдения* (с использованием контрольных перечней) или путем *структурированных интервью* (с использованием анкет). Приведенные ниже примеры можно считать типичными, хотя и не исчерпывающими (см. разд. 9.9).

От операторов нельзя получить информацию типа "полезные мнения о возможных альтернативных конструкциях", если они не имеют достаточно длительного опыта использования новых конструкций, чтобы суметь определить способы адаптации к ним.

Метод проведения специализированных интервью для выявления причин несчастных случаев, обстоятельств, которые могут привести к ним, и других критических ситуаций описан Фланаге-

ВИДЫ ИНФОРМАЦИИ	СВОБОДНАЯ ЗАПИСЬ	СТРУКТУРИРОВАННАЯ ЗАПИСЬ
Получаемая путем опроса	Основания для проведения крупных мероприятий	Отношения потребителя
	Нормальная и аномальная схемы деятельности	Оценка комфортности
	Источники существенно важной информации и неопределенности	Жалобы потребителя
	Средства адаптации потребителей к недостаткам и требованиям системы	
	Главные неудобства системы, к которым потребитель не может адаптироваться	
	Определение вопросов, которые следует включить в анкету	
Получаемая путем наблюдения	Выявление элементарных действий, необходимых для выполнения задачи	Частота повторения действия
	Способы адаптации, появившиеся в процессе обучения	Распределение времени выполнения действий
	(Опытные потребители научились не замечать ни того, ни другого)	Частота ошибок

ном в работе "Метод критических случаев" [79].

Вне всякого сомнения, серьезные недостатки конструкции часто не устраняются по той причине, что никто не пытается выяснить данные, известные только потребителю, у которого со своей стороны нет оснований сообщать кому-либо эту информацию.

Применение

Прежде чем приступить к перераспределению функций отдельных компонентов в системах человек — машина, представляется особенно важным проинтервьюировать потребителя. Это может оказаться полезным при работе над любым проектом с целью повлиять на отношение потребителя к новому изделию.

Обучение

Получить практически полезную информацию от потребителей очень трудно, так как интервьюирующий не знает, какая именно информация ему нужна. Один из способов преодоления этой трудности может состоять в том, чтобы попросить потребителя научить третье лицо пользоваться оборудованием или позволить самому интервьюирующему выполнить эти функции. Когда вы вынуждены отвечать на вопросы, касающиеся выполняемой вами работы (например, вождение автомобиля или печатание на пишущей машинке), человеку, который не умеет выполнять эти операции, вам легче уяснить себе, какого характера вопросы следует задавать; становится также яснее, какие ответы нужно принимать во внимание, а какими можно пренебречь в дальнейших вопросах.

Как и в случае с предварительными интервью, описанными в разд. 9.5, интервьюирующему необходимо иметь опыт проведения социологических исследований. Не менее важно суметь почувствовать себя на месте оператора или потребителя рассматриваемого оборудования.

Стоимость и время

Быстрым и дешевым способом получения информации является свободное ин-

тервью с несколькими потребителями. Недостаток этого способа заключается в том, что при этом могут быть упущены серьезные моменты, а результаты окажутся тривиальными и нерепрезентативными.

Поэтому оправданны затраты на оплату труда, особенно квалифицированных и опытных специалистов по проведению интервью. Иногда требуется несколько недель или месяцев, прежде чем от руководства фирмы и профсоюза будет получено согласие на интервьюирование операторов того или иного промышленного оборудования.

Библиография

Мейдж [80], Фланаген [79].

9.5. Анкетный опрос

Цель

Собрать полезную информацию среди большой группы населения.

План действий

1. Определить проектные решения, на которые могут повлиять ответы на вопросы анкеты.
2. Охарактеризовать виды информации, имеющие важное значение для принятия проектных решений.
3. Определить категории лиц, располагающих необходимыми видами информации.
4. Провести предварительные исследования, чтобы получить представление о знаниях потенциальных участников анкетного опроса.
5. Составить пробную анкету, отвечающую как процедуре опроса, так и конкретной проектной ситуации.
6. Распространить пробную анкету для проверки вопросов, вариативности ответов и метода их анализа.
7. Отобрать наиболее подходящий контингент лиц, располагающих необходимой информацией.
8. Собрать ответы на анкету путем личного интервьюирования или по почте.

9. Извлечь из ответов данные, наиболее полезные для проектировщиков.

Пример

Изучение процесса использования конторских письменных столов (Джонс, Гудвин и Яффе [81]), выполненное по заказу фирмы-изготовителя конторской мебели. Данный пример выбран просто потому, что эти исследования еще свежи в памяти автора.

1. Определить проектные решения, на которые могут повлиять ответы на вопросы анкеты.

В начале исследования конструктор, отвечающий за подготовку окончательного отчета, составил перечень из 18 вопросов, каждый из которых отражал какой-то аспект проекта, вызывающий сомнение, например: нужно ли иметь фронтальные панели на всех столах?; должны ли столы для пишущей машинки иметь ящики?; следует ли предусмотреть возможность установки встроенного аппарата системы внутренней связи?

Перед исследователями стояла задача обеспечить конструктора информацией по конкретным аспектам проектирования, а фирмы — информацией более общего характера о тенденциях развития требований потребителей. Было решено использовать анкету как для изучения *нынешнего поведения* тех, кто пользуется письменными столами, так и для выяснения их *мнений* об особенностях существующих конструкций. Реакция потребителей на новые аспекты конструкции рассматривается в разд. 9.7.

2. Охарактеризовать виды информации, имеющие важное значение для принятия проектных решений.

Заманчиво, но едва ли принесет пользу, если мы будем исходить из предположения, что ответы на специфические вопросы можно получить путем непосредственного выяснения мнения потребителя. Как подчеркивали Карлин [82] и многие другие, на мнение потребителей нельзя полагаться, пока у них нет опыта обращения с рассматриваемым новым изделием. Когда предлагаются новые разработки вроде встроенной системы внутренней связи, бесполезно выяснять

мнение работников, которым до сих пор приходилось пользоваться только устройствами невстроенного типа. Вопрос же о применении фронтальных панелей правомерно задать, так как многие из работников уже пользовались столами обоих типов — с панелями и без них. Кроме того, здесь речь идет скорее о вкусе, чем об удобстве пользования.

Если нет времени на то, чтобы до начала опроса провести прямые наблюдения за поведением потребителя или соответствующие лабораторные испытания, лучше попросить потребителей описать свое поведение, а не ограничиваться вопросами о наиболее важных особенностях конструкции. Так, в описываемом исследовании решено было не задавать много прямых вопросов, интересующих конструктора, а вместо этого сформулировать две общие задачи, имеющие важное значение для большинства ответов на эти вопросы.

Задача 1. Охарактеризовать обычную деятельность.

Задача 2. Выявить основные и второстепенные претензии к конструкции письменного стола.

При этом исходят из предположения, что лучше изучить достаточно *стабильные* поведение и опыт и по отношению к ним оценивать новые конструкции, чем исследовать *нестабильные* мнения относительно возможных усовершенствований конторских столов, по отношению к которым потребители еще не имеют соответствующего опыта.

3. Определить категории лиц, располагающих необходимыми видами информации.

К категории лиц, которые могут повлиять на выбор конторских столов, были отнесены архитекторы (подбирающие их тип при планировании новых помещений), снабженцы (закупающие столы для крупных фирм) и непосредственные пользователи (которым в отдельных случаях предоставляется возможность выбирать их и которые иногда жалуются на плохое качество столов, а порой и меняют место работы, если их не устраивает рабочая обстановка). Решено было начать исследования с интервьюиро-

вания архитекторов, сотрудников отделов снабжения и потребителей. К числу последних относили руководящих работников и их личных секретарей; работа же машинисток, клерков и т. п. не изучалась, так как фирма "Хилл" не интересовалась рынками сбыта конторской мебели для этих категорий работников. Позднее выяснилось, что требования руководящих работников, имеющих личных секретарей, отличаются от требований специалистов и младшего руководящего состава, не имеющих секретарей, поэтому мнения собирались среди тех и других.

Прежде чем остановиться на определенной категории лиц для опроса, необходимо поставить следующий важный вопрос: "Располагают ли они непосредственно требуемой информацией?"

В данном случае было выяснено, что архитекторы имели очень смутное представление о требованиях людей, пользующихся конторскими столами, а снабженцы, хотя и хорошо разбирались в различных специфических вопросах, вроде того, какие элементы чаще всего нуждаются в ремонте, но очень мало знали о требованиях самого потребителя.

В общем можно сказать, что люди, от которых рассчитывают получить нужную информацию с помощью анкеты, должны уметь извлечь такую информацию либо из своего текущего опыта (например: "На какую из перечисленных ниже операций вам на прошлой неделе пришлось затратить час или более времени?"), либо из очень знакомых ситуаций (например: "Храните ли вы конфиденциальную информацию в ящике своего письменного стола?"), либо же из непосредственного обращения к условиям их окружения (например: "Каковы размеры крышки стола? Укажите их, пожалуйста, в *сантиметрах* на этом масштабном чертеже").

Опрашивающий может выяснять личное мнение опрашиваемого по тому или иному конкретному вопросу в данный момент, но не следует задавать вопросы о том, каково могло бы быть в будущем мнение опрашиваемого. Ни потребитель, ни кто-либо другой не знает, что он будет думать и делать в будущей ситуации, которая пока существует только на словах или в рисунках.

4. Провести предварительные исследования, чтобы получить представление о знаниях потенциальных участников анкетного опроса.

Общая ошибка, часто возникающая при составлении анкет и проведении опроса, состоит в том, что предметом изучения становятся скорее предположения и прогнозы самих исследователей, а не объем релевантных знаний, которыми располагают опрашиваемые. Для того чтобы избежать этой, как правило, непреднамеренной ошибки, следует еще до разработки анкеты и процедуры опроса провести несколько свободных интервью среди лиц *определенных категорий*, мнения которых будут впоследствии собираться. Польза от подобных интервью в том, что они дают возможность исключить из опроса те категории лиц, опыт которых, как показали интервью, не имеет почти никакой ценности. В рассматриваемом нами случае предварительные интервью показали, что наиболее существенные вопросы нет смысла выяснять у архитекторов и снабженцев.

Свободное, или открытое, интервью, описанное подробно Мейджем [80], больше направлено на выяснение субъективного мнения, чем на уточнение конкретных фактов. Цель этого метода, требующего значительно больших навыков, чем это может показаться на первый взгляд, заключается в том, чтобы убедить опрашиваемого свободно высказываться о своей деятельности и "думать вслух" в присутствии интервьюирующего (или выразить свои мысли на бумаге) над вопросами, имеющими отношение к предмету исследования (разд. 9.4).

Проведение такого интервью позволяет не только глубже понять исследуемую задачу проектирования, но и лучше выявить предпочтения других людей, чем это возможно при обычной беседе (когда люди склонны проявлять определенную сдержанность и высказываться более уклончиво). Автор придерживается того мнения, что никто не должен приступать к работе по проектированию до тех пор, пока он не подвергнет себя неприятному, но весьма полезному испытанию, заставив себя осознать, насколько далеко от реальности его представление о действительных мыслях потребителей. Важнее

всего при свободном интервью позаботиться о том, чтобы опрашиваемым не навязывались готовые ответы, чтобы они не направлялись насильственно в русло, желательное для интервьюирующего (хотя это неизбежно на более позднем этапе, когда отыскиваются общие знаменатели мнений путем составления анкет, требующих ответа в форме "да" или "нет"). Преимущество такого интервью состоит в том, что оно позволяет обнаружить готовность или нежелание опрашиваемых отвечать на вопросы и тем самым помогает понять, говорят ли они всю правду или только ее часть.

Ниже приведены письменные ответы школьников на вопрос об их общем мнении относительно логарифмических линеек. Эти ответы дают некоторое представление о диапазоне и разнообразии информации, которую можно получить таким способом.

№ 1. Возраст – 15 лет 7 мес.

"Когда нам их раздали, они оказались чем-то совершенно новым и странным, и мне они совсем не понравились".

№ 2. Возраст – 15 лет 1 мес.

"Считываемое число слишком велико по сравнению с малым интервалом, приходимся на каждый разряд. Третий знак фактически получается с погрешностью на три-четыре единицы. Движком пользоваться неудобно".

№ 3. Возраст – 15 лет 8 мес.

"Если бы вы попросили меня умножить 15 на 6, я бы подсчитала результат, но вы дали мне другую задачу. Как на линейке произвести деление 912:955, я не знаю. Я умею умножать однозначные числа, а тут деление. Когда нам впервые объяснили, как пользоваться логарифмическими линейками (1965 – третий год обучения), нам не задавали таких примеров, как 912:955. Я не вижу, как это сделать, но думаю, что это должно быть возможно. Я запомнила только, как умножать однозначное число на однозначное. Если бы я произвела это действие, я бы использовала шкалы *A* и *B*. Я люблю пользоваться линейкой, когда это у меня получается. Но кое-что мне в ней не нравится. Движок легко может поте-

ряться. Я не люблю переходить от ряда *B* к ряду *A*. Их не всегда удается совместить. Моя маленькая сестренка все норовит завладеть моей линейкой, и если ей это удастся, я никак не могу отобрать ее".

Читатель уже догадался, что исследователь сначала предложил школьницам разделить с помощью линейки 912 на 955, чтобы освежить в их памяти, как ею пользоваться. Он даже собрал результаты вычислений, чтобы сопоставить умение пользоваться линейкой с ответами на вопросы.

Однако ограничиваться только предварительным изучением мнений не следует; исследователь должен искать любой вид информации, который поможет сформулировать проблему.

Карлин [82] описывает "анкету с обратной связью", позволяющую исследователю избежать предвзятости при отборе высказанных потребителями мнений. Он предлагает опрашивать одних и тех же лиц дважды: сначала провести открытое интервью и записать их мнения об изделии, а затем сформулировать те пункты по результатам интервью, которые представляются особо важными. Таким способом удастся получить информацию, полностью основанную на опыте опрашиваемого, и привнесение в нее субъективных мнений исследователя исключается. Менее точный, но более оперативный способ – не принимать во внимание мнения, высказанные небольшим количеством опрошенных.

Предварительное обследование в случае с конторскими столами было проведено среди 18 административных лиц и 11 секретарей в шести крупных организациях. Кроме задания вопросов, интервьюирующий замерил столы и сделал несколько фотографий для дальнейшего анализа. Каждое мнение, высказанное в интервью, было записано на отдельной карточке с индексом. Затем карточки классифицировались последовательно несколькими специалистами, благодаря чему выявлены очевидные модели поведения потребителя и недостатки конструкции. Соответствие моделей поведения действительному положению дел в дальнейшем проверялось на большом количестве служащих с помощью основных анкет.

5. Составить пробную анкету, отвечающую как процедуре опроса, так и конкретной ситуации.

Принципы составления анкет подробно описаны Мейджем [80] и Баули [83], которые рекомендуют соблюдать следующие требования:

а) *Спрашивать лишь минимум информации, необходимый для данного случая.* Применение этого принципа к изучению конторских столов заставило отказаться от вопроса, касающегося размеров канцелярских принадлежностей, хранящихся в столах. Ответ на этот вопрос представлял бы незначительную ценность, так как в ящиках могли храниться канцелярские принадлежности любых размеров, не превышающих максимального (а он уже был известен). Поэтому данный вопрос был опущен, но оставлен вопрос о количестве различных типов используемых канцелярских принадлежностей, так как ответ на этот вопрос помогал определить число необходимых полок и отделений.

б) *Вопросы должны формулироваться так, чтобы опрашиваемый мог на них ответить.* На основании этого принципа был изъят следующий вопрос: "Ваш стол слишком велик, слишком мал или как раз такого размера, как надо?", ибо на этот вопрос не смогли бы ответить те, кто считал, что размеры стола "как раз такие, как надо" по отношению к размерам комнаты, но "слишком малы", исходя из каких-то других точек зрения.

в) *Сформулировать вопрос так, чтобы на него можно было ответить однозначно – "да" или "нет", или проставить прочерк, или ответить как-то иначе, но столь же определенно и точно.* Составители анкеты, касающейся конторских столов, хотели проверить гипотезу о том, что неряшливые, захламленные бумагами столы были у тех работников, которым не хватало помощи секретаря. Однако оказалось затруднительным сформулировать вопрос так, чтобы он четко указывал на "захламленность". Поэтому решили, что необходимую информацию можно получить, сформулировав вопрос таким образом:

"Какое количество бумаг обычно лежит на столе, ожидая вашего внимания:

- несколько бумаг?
- одна стопка бумаг?
- несколько стопок бумаг?"

Благодаря такой формулировке вопроса опрашиваемому не приходилось самому решать, что подразумевается под "захламленностью"; его спрашивали о наличии или отсутствии определенных признаков. Однако пробный опрос показал, что вопрос все же оказался не вполне ясным, поэтому его сформулировали следующим образом:

"Что из нижеследующего наиболее точно характеризует объем бумаг, обычно лежащих на вашем столе:

- А. несколько бумаг;
- Б. одна стопка бумаг;
- В. две-три стопки бумаг;
- Г. четыре или более стопок бумаг?"

Сейчас, оглядываясь назад, можно сказать, что слова "обычно лежащих" могут быть неправильно восприняты, но совершенно ясно, что принцип превращения оценочных суждений в форму прямых свидетельств правилен. Этот принцип разработан значительно подробнее во многих оригинальных методах, введенных психологами для объективного измерения и классификации мнений. Методы эти, однако, слишком сложны и полны подводных камней, чтобы конструкторы могли надежно использовать их. Поэтому им можно порекомендовать проконсультироваться у опытного социолога или психолога, прежде чем приступить к численному "шкалированию" мнений и отношений. При этом следует помнить о трудностях, описанных в разд. 9.8.

г) *Вопросы должны формулироваться так, чтобы ответы были искренними и неуклончивыми.* Например, неискренне или уклончиво можно ответить на такой вопрос:

"Вы старший или младший административный работник?"

Поэтому для получения необходимой информации вопрос ставился в следующей форме:

"Как в точности называется ваша должность?"

д) *В вопросах не должно быть неуместного любопытства.* В исследовании конторских столов трудно найти хорошие



примеры на этот счет, но легко понять, что имеется в виду, если вспомнить вопросы, включаемые иногда в официальные анкеты и вызывающие у опрашиваемых чувство раздражения.

Соответствие вопросов анкеты проектной ситуации зависит от а) проектных целей; б) времени, имеющегося в распоряжении опрашиваемых; в) времени, имеющегося в распоряжении исследователей. В случае исследования конторских столов было решено задавать не более 12 вопросов, чтобы занятые административные работники имели время на них ответить и чтобы оставалось достаточно времени на анализ ответов. Объем анкеты определялся прежде всего требованием, чтобы можно было заверить опрашиваемых, что "на заполнение этой анкеты уйдет не более 10 минут". Это является гарантией того, что она не будет отложена опрашиваемым в сторону. Кроме того, при определении объема анкеты учитывалось и время, необходимое для анализа анкет. Ввиду длинных рядов данных, входящих в социологическое исследование, всегда бывает трудно предусмотреть достаточно времени на их анализ.

Трудная задача состоит в том, чтобы решить, какими вопросами следует поступиться, чтобы соразмерить объем с имеющимся в распоряжении временем. Эта трудность может быть преодолена, если ранжировать возможные ответы в соответствии со следующими тремя оценками:

- 1) важные для целей проектирования;
- 2) быстро анализируемые;
- 3) содержащие информацию, необходимую для проверки главных выводов из результатов предварительного опроса.

В описываемом исследовании предварительный опрос показал, что основные недостатки использования столов связаны с захлаплением рабочей поверхности, трудностью выбора места для конторских машин и неудобством пользования ящиками.

Ниже приводится окончательный вариант анкеты, розданной административным работникам:

"Данную анкету можно заполнить за 10 мин. Ответы на два первых вопроса конфиденциальные и будут использова-

ны только для облегчения классификации результатов. Благодарим вас за то, что вы нашли время оказать нам помощь.

- 1. Как называется ваша фирма или организация?
- 2. Каково точное название вашей должности?
- 3. Что из нижеследующего наиболее точно характеризует объем бумаг, обычно лежащих на вашем столе:
 - несколько бумаг?
 - одна стопка бумаг?
 - две-три стопки бумаг?
 - четыре или более стопок бумаг?
- 4. Кто кладет вам на стол бумаги, с которыми вы работаете:
 - вы сами?
 - личный секретарь?
 - секретарь отдела?
 - кто-либо еще?

5. Каковы размеры крышки вашего стола? Пожалуйста, укажите в сантиметрах на эскизе на этом листе:

6. Отметьте, пожалуйста, на помещенной ниже схеме положение следующих предметов. Если предмет может находиться в двух или более местах, укажите это, например, следующим образом: Т – Т.

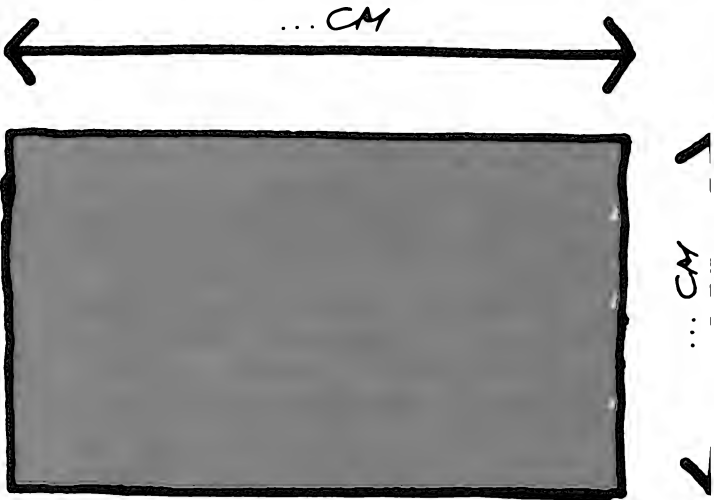


Рис. 9.4

Предметы	Обозначение на схеме
Лотки с документами	До
Телефоны	Т
Пишущие машинки	ПМ
Счетные машинки	СМ
Диктофоны	Ди
Приборы внутренней связи	ВС
Настольные лампы	Л

7. Нарисуйте, пожалуйста, положение электрического и телефонного проводов на приведенной ниже схеме, например:

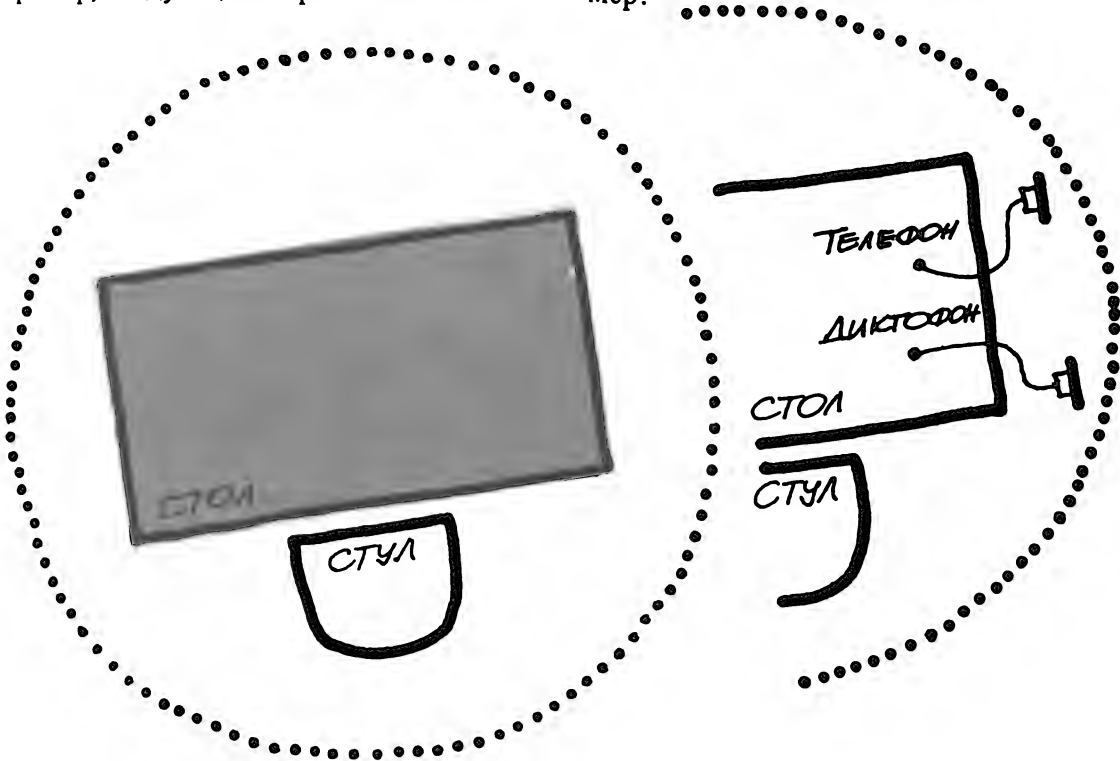


Рис. 9.5, 9.6

8. Что находится в ящиках вашего стола:
- канцелярские принадлежности?
 - конфиденциальные документы?
 - картотеки и бумаги?
 - личные вещи?
 - ручки, карандаши и т. д.?
 - другие предметы (просьба перечислить основные)?

9. Обозначьте, пожалуйста, кружком предметы, которые вам не понадобились на прошлой неделе.

10. Куда вы кладете свой портфель?

11. Оставляете ли вы иногда ящик открытым для удобства доступа? Да/Нет.

12. На какой из перечисленных ниже видов деятельности вы затратили час или более из вашего бюджета времени на

Диктовка по телефону, сидя за столом.

Чтение отчетов и (или) периодической литературы за столом.

Чтение отчетов и (или) периодической литературы не за столом.

Составление отчетов или выполнение вычислений, сидя за столом.

Поиск или сортировка документов за столом.

Пользование счетной машинкой, сидя за столом.

Беседы или интервью за столом.

Совещание с несколькими сотрудниками за столом.

Другая деятельность, сидя за столом (просьба перечислить).

13. Какой из двух типов столов – с зак-

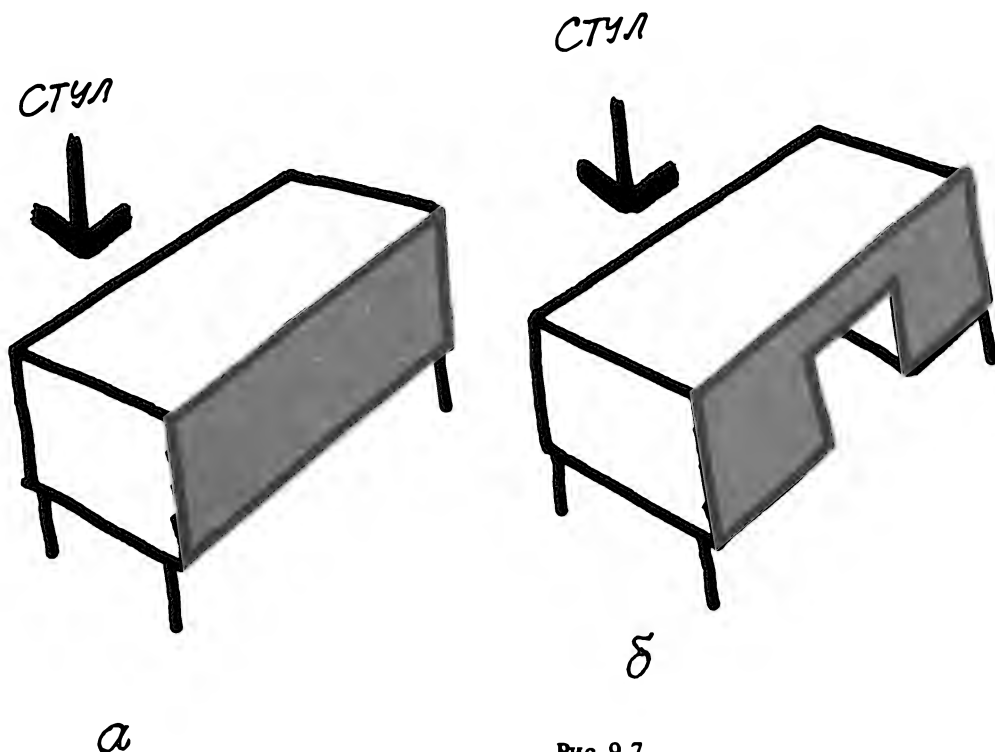


Рис. 9.7

прошлой неделе? (Отметьте галочкой.)

Разговор по телефону, сидя за столом.

Писание писем от руки за столом.

Диктовка секретарю, сидя за столом.

Наговаривание в диктофон, сидя за столом.

Наговаривание в диктофон вне вашего кабинета.

рытой (а) или открытой (б) фронтальной плоскостью – вам больше нравится?

14. Имеются ли у вашего стола элементы, которые вас не удовлетворяют и могут быть улучшены (просьба обосновать свой ответ):

- размеры крышки стола?
- отделка крышки стола?
- ящики?

- ручки?
- ножки?
- другие элементы?

15. Если у вас есть другие замечания, перечислите их”.

6. Распространить пробную анкету для проверки вопросов, вариативности ответов и метода их анализа.

При изучении конторских столов предварительный опрос был проведен в спешке из-за недостатка времени для тщательной проверки. Анкета была опробована: а) путем заполнения ее самими специалистами, которые анкету составили, б) путем интервьюирования пятерых служащих, которых попросили во время заполнения анкеты указать возникавшие трудности, и в) путем рассылки их по почте еще пятерым служащим. Проверка анкеты привела к изменению некоторых вопросов, о чем говорилось выше. Времени на проверку методов анализа не было. Судя по трудностям, возникавшим в процессе анализа ответов в окончательном варианте анкеты, такая пробная проверка методики анализа помогла бы выявить дополнительные недостатки в выборе и формулировке вопросов анкеты. Очень часто оказывается затруднительным выделить достаточное время на тщательный пробный опрос, когда деятельность специалистов связана с жестким графиком разработки проекта, но было бы очень рискованно совсем отказаться от этого этапа.

7. Отобрать наиболее подходящий контингент лиц, располагающих необходимой информацией.

Категории лиц, которым следует разослать анкеты, определялись до пробного опроса, причем оказалось, что лица, пользующиеся письменными столами, могут дать очень много полезной информации, в то время как снабженцы — очень мало.

Служащие были разделены на три группы: администраторы с личными секретарями, администраторы без личных секретарей и секретари. Оба типа администраторов получили одинаковые анкеты, а секретарям и работникам снабжения раздали другие анкеты. Анкеты были розданы 300 администраторам (100 из них не имели секретарей), 200

личным секретарям и тем работникам снабжения, которых удалось охватить за это время. Фамилии администраторов выбирались из последних справочников промышленных и общественных организаций, а фамилии работников снабжения получены от фирм — изготовителей конторской мебели.

Главная трудность исследования состоит в получении разрешения на контакты с людьми, известными как наиболее репрезентативная группа потребителей данного изделия. В рассматриваемом случае оказалось довольно просто отобрать фамилии администраторов с личными секретарями, чье положение было достаточно солидным. Выявление администраторов, не имеющих личных секретарей, оказалось затруднительным и потребовало бесед с людьми, составлявшими листы рассылки корреспонденции и знавшими администраторов, включаемых в рассылку. Поскольку полученное число лиц оказалось недостаточным, пришлось обратиться к некоторым служащим с просьбой назвать известных им администраторов, не имеющих личных секретарей. Анкеты, предназначенные для опроса личных секретарей, направлялись последним в одном конверте с анкетами для их начальников.

Такая не вполне удовлетворительная методика отбора лиц для опроса показывает, насколько далеко приходится отходить от идеальной, статистически случайной выборки, если нет полного списка потребителей изделий и если доступ к ним ограничен. Корректные логические и математические методы определения размера и состава случайной выборки описаны во многих книгах, например у Мейджа [80]. Поэтому прежде, чем запланировать проведение любого социологического исследования, следует изучить литературу и прибегнуть к помощи экспертов.

8. Собрать ответы на анкету путем личного интервьюирования или по почте.

Анкеты были разосланы по почте, чтобы получить большее количество ответов за короткий срок, тем более что при предварительном опросе было собрано достаточное количество побочной информации, которую проще получить именно

в результате интервью, а не по почте. Если бы было принято решение посетить каждого опрашиваемого для заполнения анкет, то пришлось бы обучить каждого исследователя правильной методике "интервьюирования с помощью анкеты", что значительно отличается от свободного интервью для пробного опроса (Мейдж [80]).

Анкета, отправляемая по почте, должна сопровождаться письмом, объясняющим цели исследования и использования результатов, а также указанием на то, какие ответы будут обнародованы, а какие нет (к последним обычно относятся ответы на вопросы личного порядка, по которым можно опознать опрашиваемого). В письме следует указать самый поздний срок возвращения анкеты, по истечении которого должно последовать письмо-напоминание, а может быть, и второе письмо-напоминание тем, кто не прислал ответа вовремя. Практика показывает, что письма-напоминания вдвое увеличивают процент возвращения анкет, рассылаемых по почте.

Полезно перенумеровать анкеты до отсылки, что обеспечивает дополнительный контроль ошибок при анализе данных.

9. Извлечь из ответов данные, наиболее полезные для проектировщиков.

В хорошо продуманном исследовании методика извлечения данных планируется и проверяется на стадии пробного опроса, а сами вопросы формулируются с учетом задуманной методики их анализа. Возможен и другой вариант, когда исследователи предпочитают выбирать методику анализа после сортировки данных, бегло ознакомившись с тем, что у них имеется. Можно многое сказать в защиту каждой из методик: понятен акцент на предварительный и пробный опросы, сочетающие преимущества непосредственного контакта с опрашиваемыми и их письменных ответов с такой формулировкой вопросов, которая учитывает методику последующего анализа (разд. 9.9).

Очень полезно перенести ответы на индексные карточки или перфокарты, а затем приступить к подсчету результатов и их классификации. В книге

Джолли [84] дан прекрасный обзор различных способов обработки анкет. В труде Мейджа [80] и других книгах по статистике подробно описаны математические методы, используемые для правильной интерпретации данных опроса. В исследовании, касающемся конторских столов, статистическая проверка показала, что предположение "Захламленность крышки стола бумагами уменьшится, если будет оказана помощь администратору в ведении делопроизводства" не подтверждается ответами.

Большой разницы между количеством стопок бумаг на столах администраторов, имеющих секретарей и не имеющих их, обнаружено не было. Данное обстоятельство заставило пересмотреть причины захламленности, причем выяснилось, что помощь секретаря в классификации документов бесполезна, если бумаги не имеют шифра и помощник не может самостоятельно разложить их по принадлежности. Это предположение оказалось ценным и для других аспектов исследования. Последующие ответы на анкету подтвердили основные выводы предварительного опроса.

Замечания

Столь подробное рассмотрение содержания анкеты и процедуры опроса было необходимо, так как многие считают, что проведение социологического исследования не требует каких-либо специальных знаний и подготовки. Кроме того, автору не известны книги, в которых давались бы достаточно простые инструкции для непрофессионалов. Автор надеется, что представленные здесь рекомендации по разработке, проверке, распространению и анализу анкет будут способствовать улучшению уровня социологических исследований, проводимых группами проектировщиков, и не нанесет ущерба более точным методам, применяемым социологами и другими профессиональными исследователями.

Здесь почти ничего не было сказано о таких методах классификации мнений, как, например, "Семантический дифференциал Осгуда" (Осгуд и др. [85]), весьма популярного среди архитекторов и других специалистов в области дизайна (см. также Саноф [86], где дается об-

зор подобных методов). Автор сделал это преднамеренно, так как он скептически относится к методам, которые ведут к потере контроля со стороны проектировщиков и потребителей над вопросами морали, суждений и мнений. Такого рода вопросы обеспечивают "пространство маневрирования", важное для нововведений в той же мере, как и в любой другой области морального выбора. *Измерение* же мнений потребителей в противоположность их *обсуждению* затемняет те допущения и обоснования, которые как раз гораздо важнее самих мнений потребителей.

Применение

Перечислить все случаи применения анкетного опроса невозможно, так как их слишком много. Однако следует помнить, что анкетный опрос гораздо большее значение имеет для проверки правильности выводов, чем для поиска новых направлений в проектировании.

Анкетный опрос часто бывает единственным приемлемым методом сбора фактической информации, разбросанной среди членов обширной группы населения (см. разд. 9.9).

Обучение

Очевидно, проведение свободных интервью до рассылки анкет позволяет собрать большой объем информации, но требует некоторых навыков проведения социологических исследований. Разработкой вопросов и анализом ответов должны заниматься квалифицированные специалисты, а сопутствующая этому вспомогательная работа, особенно на первых этапах, может успешно выполняться под их руководством лицами без специальной подготовки.

Стоимость и время

На основании сказанного выше можно сделать вывод, что исследование с помощью анкетного опроса в целом может занять несколько недель, а иногда и несколько месяцев. Поспешность, проявленная на начальных этапах, может дорого обойтись, стоимость же собран-

ной информации также высока. Поэтому лица, финансирующие такое исследование, должны выделять время на проведение предварительного и пробного опросов. Стоимость анкетного опроса резко возрастает при повышении требований к точности информации: чтобы снизить ошибку вдвое, следует в четыре раза увеличить размер выборки, что сильно повышает стоимость обработки данных.

Библиография

Баули [83], Джолли [84], Джонс, Гудвин и Яффе [81], Карлин [82], Мейдж [80], Осгуд и др. [85], Саноф [86].

9.6. Исследование поведения потребителей

Цель

Исследовать модели поведения потенциальных потребителей нового изделия и предсказать их предельные характеристики.

План действий

1. Прежде чем приступить к разработке новой конструкции, следует проконсультироваться с опытными и неопытными потребителями аналогичного оборудования и провести соответствующие наблюдения.
2. Проанализировать систему человек-машина для определения задач, возможностей потребителя и художественно-конструкторских требований к тем деталям конструкции, которые находятся в непосредственном взаимодействии с потребителем.
3. Изучить путем наблюдения или моделирования особенно важные аспекты поведения как малоискушенных, так и опытных потребителей предлагаемого изделия.
4. Зафиксировать предельные значения, превышение которых приведет к невозможности выполнения потребителем

необходимых операций без возникновения ошибок, поломок и неудобств.

Описанную методику в Европе относят к "эргономике", а в США называют "исследованием человеческих факторов". В какой-то степени она перекрывается с методами, представленными в разд. 7.4, 7.5, 9.4, 9.7.

Примеры

Ниже приводится краткое описание примеров, характерных для некоторых пунктов указанного выше плана действий, однако все подробности их выполнения опущены. Эргономика — слишком сложная дисциплина и требует специальной подготовки, ее нельзя сколько-нибудь полно изложить на нескольких страницах; но по проблемам эргономики имеется обширная литература, на которую в конце раздела приводятся ссылки.

1. Прежде чем приступить к разработке новой конструкции, следует проконсультироваться с опытными и неопытными потребителями аналогичного оборудования и провести соответствующие наблюдения.

Консультации с потребителями рассмотрены в разд. 9.4. Простой пример наблюдения за обращением потребителей с дверной фурнитурой (замками и ручками) описан Яффе [87]. В данном случае (как это часто бывает) почти никаких определенных результатов не удалось получить путем опроса людей о том, с какими трудностями они встречались; поэтому решено было изменить стратегию и установить непосредственное наблюдение за людьми, пользующимися дверями. Некоторые из испытуемых не знали, что за ними наблюдают, но самые ценные результаты были получены при повторных наблюдениях за тем, как группа отобранных испытуемых пользовалась дверями, замками и ручками.

При этом были сделаны и неожиданные выводы, например:

а) люди пользуются ручками и дверями самыми различными способами, стремясь держаться прямо в момент, когда они прилагают значительные усилия для отпирания и запираания замка, для толкания или придерживания двери;

б) ключи используются не только для отпирания замка, но и для того, чтобы толкать дверь или тянуть ее на себя. Однако для этих целей форма ручек ключей неудобна.

Эти два вывода типичны для тех весьма полезных и часто неожиданных результатов, которые могут быть получены в ходе сравнительно небольшого исследования в условиях реальной эксплуатации изделий. Поразительно, как много изделий проектируется при отсутствии малейшего представления о требованиях потребителя. Отчасти это объясняется тем, что почти все элементарные действия человек выполняет автоматически, *не осознавая происходящего*. Ни один читатель этой книги не смог бы описать движения своих глаз во время просмотра последнего абзаца или позу, которую его тело произвольно приняло, когда он начал читать. Точно так же и проектировщики могут не иметь представления о поведении потребителя, несмотря на то что сами они также являются потребителями. Если это осознать и попытаться пронаблюдать за тем, что происходит, можно быстро собрать огромное количество релевантной информации. Наблюдения могут быть двух типов: записанные на магнитофон субъективные высказывания о том, что испытуемый замечает сам в процессе пользования тем или иным изделием, и более объективные отчеты о том, что внешний наблюдатель замечает в поведении других потребителей.

Часто можно получить больше информации, наблюдая за неопытными, а не за квалифицированными потребителями; так как у первых еще не выработались автоматические навыки, они не осознают, что происходит, и чаще совершают ошибки, которые бывают очень редки (хотя и не исключаются полностью) у опытного потребителя.

Опрос и наблюдение за манипуляциями неопытных потребителей с автоматическим диапроектором быстро выявили следующее:

а) Трудно снимается крышка проектора. Неопытным операторам требовалось от 1 до 2 мин, чтобы разобраться в том, как устроен замок, и научиться правильно открывать его.

б) Крышка, закрывающая кассету с диапозитивами, выглядит как несъемная деталь проектора. Неопытным операторам не удается обнаружить, что она открывается, вследствие чего при необходимости изменить положение неправильно вставленного диапозитива они вынуждены вынимать всю кассету.

в) Неопытные операторы с трудом постигают, как вставлять диапозитивы в кассету.

г) Не сразу очевидно, что кассету следует вставлять в проектор сзади. Некоторые операторы пытаются сделать это с фронтальной стороны.

д) Кассета продвигается вперед или назад одновременным нажатием и поворотом ручки. Если ту же ручку нажать и, не поворачивая, отпустить, кассета будет подаваться вперед автоматически кадр за кадром. Неопытных операторов это сбивало с толку, и (к концу исследования) они не могли объяснить, как им удалось привести проектор в действие.

е) Из двух идентичных кнопок одна служит для включения вентилятора и включения и выключения лампы. Другая же кнопка предназначена только для выключения вентилятора. Это также вносит путаницу.

Из-за этих недостатков неопытным операторам (студенты последнего курса) потребовалось более 10 мин, чтобы настроить проектор и показать семь диапозитивов. При второй попытке на это ушло несколько более 5 мин.

Думается, что нетрудно было бы предложить конструктивные изменения, которые позволили бы ликвидировать эти недостатки и тем самым превратили бы диапроектор в прибор с "нулевым циклом обучения" (это позволило бы пользоваться им любому лектору или студенту без всякой подготовки и сделало бы ненужной помощь со стороны квалифицированного техника для настройки и загрузки "автоматического" диапроектора). Вряд ли усовершенствования такого рода приведут к значительному повышению стоимости диапроектора высшего класса.

Следует, однако, иметь в виду что в настоящее время покупатели подоб-

ного оборудования и не требуют "нулевого цикла обучения", поэтому изготовители не имеют стимула к введению соответствующих усовершенствований. Таким образом, высказанные выше замечания не направлены на дискредитацию изготовителя, так как подобного рода критику можно высказать в адрес почти любого оборудования. Просто автор высказывает свою точку зрения: когда станут очевидными социальные и экономические преимущества "нулевого цикла обучения", дизайнеры и изготовители будут практически заинтересованы в создании оборудования, которое может быть использовано любым человеком, почти не имеющим или вовсе не имеющим специальной подготовки.

Важно вместе с тем помнить, что с диапроекторами часто работают люди, находящиеся в стрессовой ситуации: первых, потому, что они действуют в темноте, и, во-вторых, потому, что они взволнованы тем, какова будет реакция аудитории. Однако редко кто понимает, что даже очень опытный специалист в условиях *стрессовой ситуации* не застрахован от повторения ошибок начинающего, которых он научился почти полностью избегать при работе в нормальной обстановке. (Этим объясняются многие несчастные случаи, виновниками которых оказываются опытные операторы, допускающие порой такие ошибки, от которых они обычно считают себя застрахованными.) Следует также отметить, что важным критерием при оценке альтернативных решений конструкции ("ее совместимости с потребителем") может стать время, необходимое для обучения безошибочному обращению с оборудованием.

Другой важный вывод, связанный с автоматизмом навыков опытных специалистов, состоит в том, что мнения и оценки таких опытных потребителей не всегда основываются на действительных достоинствах оборудования, с которым им приходится иметь дело. Причины этого таковы:

а) Мнения формируются без учета большей части неосознанных автоматических действий, которые не регистрируются сознанием в виде сохраняемого в памяти опыта.

б) Часто потребители начинают враждеб-

но относиться к новому оборудованию, когда они вдруг обнаруживают, что нелегко давшаяся им в прошлом адаптация к сходной машине потеряла теперь свою ценность. Новая конструкция может казаться им несурзадной, как новая марка автомобиля, поскольку она требует уже не привычных автоматических операций, а каких-то новых, сомнительных и требующих полного внимания действий. С другой стороны, отношение опытного потребителя к хорошо знакомому ему оборудованию также не объективно, поскольку действия, выполняемые при работе с этим оборудованием, уже прочно включены в структуру его нервной системы, стали динамическим стереотипом; поэтому он склонен защищать их от любых нападков.

2. Проанализировать систему человек – машина для определения задач, возможностей потребителя и художественно-конструкторских требований к тем деталям конструкции, которые находятся в непосредственном взаимодействии с потребителем.

Этот этап, на котором человеческий и машинный компоненты соотносятся с задачами всей системы, описан в разд. 7.3 и 7.4.

3. Изучить путем наблюдения или моделирования особенно важные аспекты поведения как малонискушенных, так и опытных потребителей предлагаемого изделия.

Сомнения относительно приемлемости нового оборудования для потребителя можно еще до принятия критических решений попытаться разрешить одним из трех способов: с помощью контролируемых экспериментов, использованием абстрактных моделей поведения человека и путем "системных" экспериментов.

А. Контролируемые эксперименты.

Этот подход, основанный на "классической эргономике", как и все классическое, хорош, но не гибко. Принцип этого подхода состоит в том, что в лабораторных условиях создается ситуация, при которой может изменяться одна переменная (например, скорость рабо-

ты) и измеряется ее влияние на другую переменную (например, на количество совершенных ошибок), в то время как все другие переменные остаются жестко зафиксированными. Традиционные методы научного эксперимента следует дополнять специальными статистическими методами (Зигель [88]), чтобы учесть широкую вариабельность деятельности человека. Многие полагают, что строгость свойственна только технике и физике, и до сих пор не осознали, до какой степени классическая эргономика позволила заменить догадки о деятельности человека твердо установленными фактами. *Неправильно* утверждать, что поведение человека слишком переменчиво и не может быть измерено; имеется обширная научная литература по различным аспектам данной проблемы – от частоты ошибок при наборе номера телефона до влияния вибрации на водителей. Трудность состоит в отыскании этих данных и выяснении их релевантности в практических условиях, отличающихся от условий лабораторного эксперимента. К сожалению, многие из опубликованных данных в большом числе случаев оказываются нерелевантными, причем часто не имеется соответствующих обоснований, принципов и моделей, с помощью которых можно было бы предсказать поведение человека в новых ситуациях.

Измерения влияния размера шкалы на точность считывания, описанные Марелом и др. [89], представляют собой типичный пример контролируемых экспериментов, проводимых с целью получения ответа на определенный вопрос проектирования. Испытуемым несколько тысяч раз предъявлялись для считывания стандартные шкалы в фиксированных условиях освещения, где переменной служило расстояние. Как это ни удивительно, результаты эксперимента (рис. 9.8) показывают, что увеличение видимого размера шкалы сверх некоторого смехотворно малого размера уже не улучшает ни скорости, ни точности считывания. В книге Джонса и др. [90] описан аналогичный эксперимент для более коротких расстояний, давший идентичные результаты. Показания небольшой шкалы (рис. 9.9), установленной на расстоянии 76 см от глаз, могут быстро считываться с погрешностью до 95%. Эти результаты дают основания

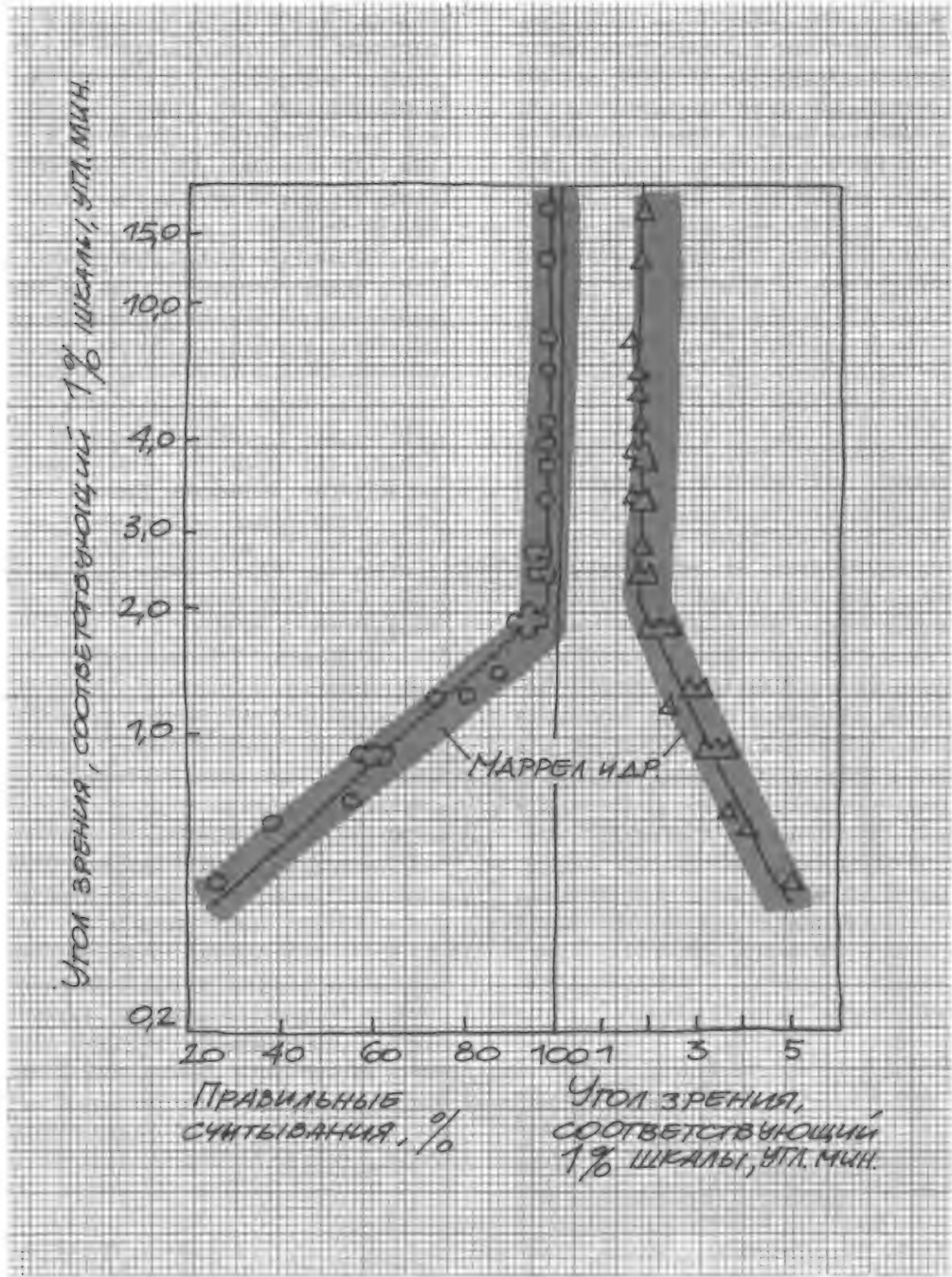


Рис. 9.8

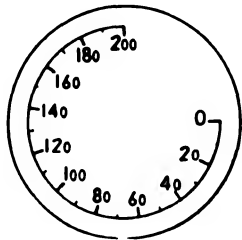


Рис. 9.9

предполагать, что размеры традиционных шкал более чем в 2 раза превышают необходимые размеры. Отсюда можно сделать вывод, что пункты управления на электростанциях имеют завышенные размеры и обходятся дороже, чем это вызвано необходимостью. Второй вывод заключается в том, что летчикам придется пользоваться слишком большими и нерационально организованными приборными досками, затрудняющими быстрый обзор и считывание показаний. К сожалению, имеются сильные сомнения относительно применимости результатов таких лабораторных исследований к считыванию шкал в реальных условиях эксплуатации, так же как сомнительны и многие другие попытки неправомерно обобщения результатов контролируемых экспериментов с испытуемыми. Основанием для подобных сомнений, которые менее часто возникают в точных науках, является "системная" (т.е. самоорганизующаяся и адаптирующаяся) природа живых существ. Контролирование некоторых переменных изменяет модель поведения в целом; например, водитель на скоростной автостраде, из которой исключена переменная "кривизна", может чувствовать себя достаточно уверенно в тумане, но тот же водитель на обычном шоссе, на котором переменная "кривизна" имеет большое значение, будет вести себя в условиях тумана гораздо осторожнее и совсем по-другому.

Б. Использование абстрактных моделей поведения человека.

Как указывалось выше, трудно определить, в каких случаях выводы контролируемого эксперимента могут широко применяться на практике. Чтобы отличить результаты, пригодные для практического применения, от тех, которые в слишком большой степени зависят от условий эксперимента, полезно прибегнуть к помощи квалифицированного специалиста. Хорошим примером результатов лабораторных исследований, оказавшихся полезными для практического применения, являются эксперименты Бродбента по изучению влияния шума на число ошибок в задачах восприятия. На основании экспериментов он вывел модель поведения человека, которую

назвал "внутренней пульсацией" нервной системы, обуславливающей тот факт, что люди совершенно не замечают сигналов, возникающих во время периодических кратковременных провалов в восприятии. Он доказал, что шум выше 90 дБ заметно увеличивает частоту "внутренних пульсаций".

Результаты были применены на фабрике фотоматериалов, где рабочим приходилось наматывать пленку на очень шумных перфорационных машинах; в соответствии с выводами Бродбента было предложено использовать звукоизоляцию, чтобы снизить шум ниже 90 дБ. Когда эти условия были выполнены, количество обрывов пленки из-за ошибок операторов снизилось на 93% в помещениях с акустической изоляцией и только на 12% в аналогичных помещениях без акустической изоляции (Бродбент и Литтл [91]).

А. Виснер (Центр искусств и ремесел, Париж) разработал для дизайнеров абстрактные динамические модели, позволяющие предсказывать деятельность человека без того, чтобы в каждом случае проводить специальный эксперимент. В разработанной им системе (рис. 9.10) моделируются динамические реакции тела сидящего человека на вибрацию автомобиля, передающуюся через сиденье и его спинку. Каждая часть тела человека моделируется грузом с пружинами, амортизаторами и упорами. Эта грубая упрощенная модель тела человека достаточно удобна для выполнения текущих проектных расчетов. Для этих же целей пригодны и более сложные модели, имитирующие изменение положения головы, шеи и туловища. Проектировщикам будет гораздо легче воспользоваться результатами эргономических исследований, когда значительную часть существующих знаний можно будет выразить в виде простых моделей подобного типа.

В. "Системные" эксперименты.

Третий метод, учитывающий изменчивость человеческой системы, более подробно описан в разд. 9.7. В данном случае задачей является не поиск общих и не контролирование индивидуальных переменных, а последовательное введение в

реальную систему человек — машина или исключение из нее грубых ограничений. Результаты будут отражать ответы на эти ограничения самонастраивающейся системы "оператор плюс машина" и позволят проектировщику внести ясность в основные вопросы, связанные с данной системой. Поскольку требуется только основная и притом довольно приближенная информация, компоненты машины в моделируемой системе могут быть весьма условными и стоить значительно дешевле, чем детально отработанный опытный образец. Системные испытания для определения размеров рабочего места описаны в разд. 7.5. Другой системный

действий, выполняемых человеком, безгранично, пределы деятельности человека обусловлены строением его тела. Различия в размерах тела людей составляют $\pm 10\%$ для 98% взрослого населения. В этих же пределах могут наблюдаться различия и в действиях человека в зависимости от строения его тела; но гораздо большие различия в действиях зависят от опыта, подготовки и внешних обстоятельств. Поэтому может оказаться достаточным эксперимент с пятью или десятью испытуемыми, направленный на определение, например, приближенных значений скорости и точности набора номера на телефонном диске (ограничения здесь

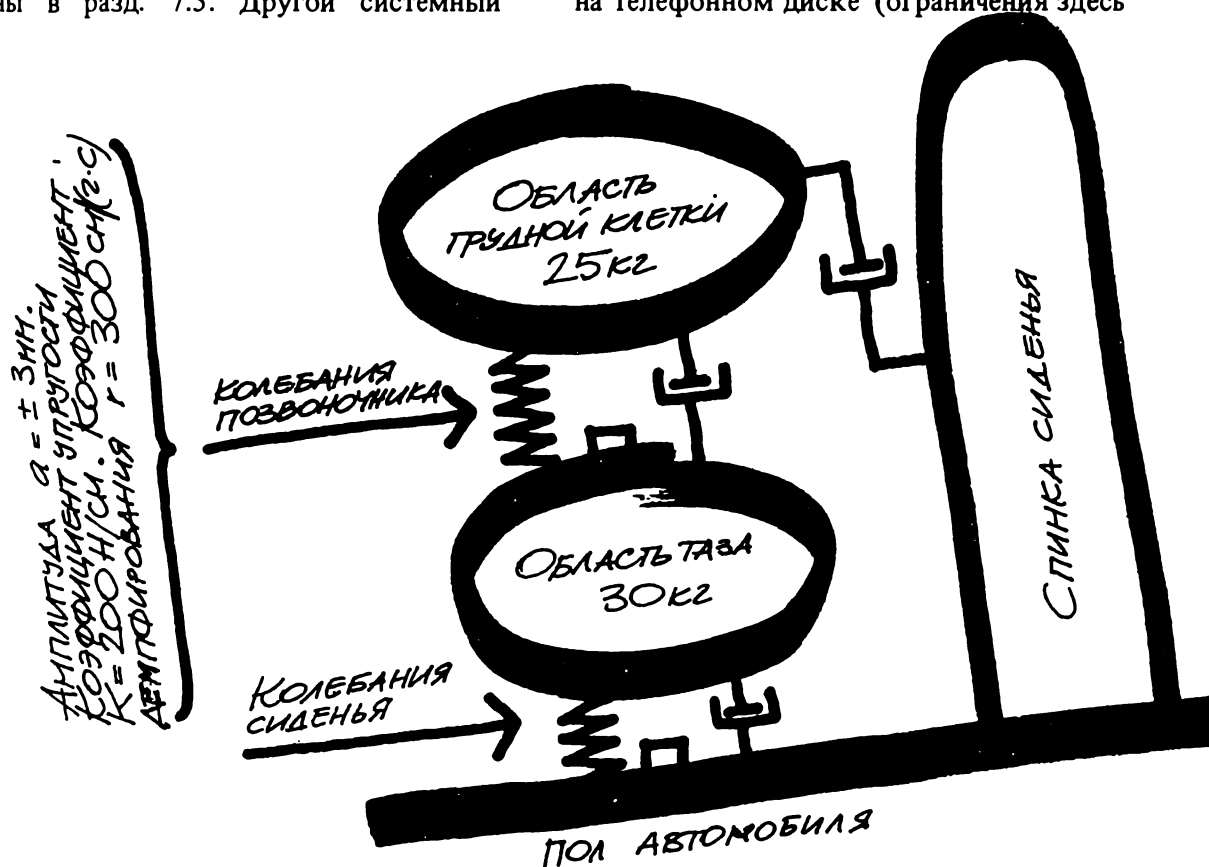


Рис. 9.10

эксперимент, направленный на предсказание реакции на телефон, распознающий голос человека, описан в разд. 9.7.

Замечания

Большинство важных замечаний уже было высказано. Прежде чем подвести итог, следует отметить, что, хотя разнообразие

накладываются главным образом особенностями мускулатуры и нервной системы; в то же время для определения разнообразия реакций абонентов на неоднократно повторяющиеся сигналы "занято" могут потребоваться сотни испытуемых (реакция зависит главным образом от опыта абонентов, их намерений и причин телефонного вызова).

Принципы эргономики как "проектировочной" дисциплины можно охарактеризовать следующим образом:

а) Устойчивые навыки приобретаются в результате того, что человек научается выполнять все операции, кроме главных, неосознанно, *автоматически*; поэтому мнения проектировщиков и потребителей, касающиеся их выполнения, могут быть ошибочными. Следовательно, очень полезно проводить наблюдение над действиями потребителей.

б) Наблюдение за ошибками начинающих операторов и измерение времени обучения являются хорошим источником весьма ценной информации и служат чувствительным критерием оценки соответствия конструкции требованиям потребителя.

в) Контролируемые эксперименты постепенно начинают давать общезначимые результаты, однако в настоящее время все же требуется совет квалифицированного специалиста для их интерпретации. Только немногие результаты таких экспериментов удалось превратить в простые модели, предсказывающие реакцию человека.

г) Системные эксперименты часто необходимы для решения главных проектных вопросов относительно конкретной системы человек — машина с достаточной степенью достоверности.

Применение

Несмотря на опасность прийти к неправильным заключениям на основе неумелых попыток проведения бихевиоральных исследований, проектировщикам и дизайнерам не следовало бы отождествлять эргономику со здравым смыслом, хотя это мнение широко распространено. Без тщательных измерений почти невозможно определить пределы способностей человека выполнять те или иные действия, а без наблюдения за его деятельностью, которая должна предшествовать проектированию, нельзя правильно учесть все аспекты, связанные с человеческими факторами. Самое печальное заключается в том, что приспособляемость человека к неблагоприятным условиям и его способность выносить их на-

столько велики, что стоимость этой адаптации не учитывается людьми, принимающими проектные решения. Нет никакого сомнения в том, что огромная стоимость а) несчастных случаев, б) выработки навыков, которые быстро устаревают, и в) стрессов современной жизни может быть значительно уменьшена путем систематических исследований требований потребителей и введения в конструкцию необходимых изменений. Но это вопрос скорее политического характера и не может рассматриваться на страницах этой книги.

Обучение

Для проведения точных контролируемых экспериментов и правильного применения их результатов требуется специальная подготовка. Проектировщики, которые захотели бы опробовать наиболее простые из описанных здесь методов, должны предварительно получить квалифицированную консультацию.

Стоимость и время

Ниже дается приблизительный подсчет стоимости в человеко-неделях, описанных в этом разделе исследований (приведены минимальные величины, которые можно увеличить в 2 раза и более).

№	Исследования	Человеко-недели
1	Наблюдения за потребителями дверной фурнитуры	4
	Наблюдения за начинающими операторами диапроекторов	0,5
2	Анализ систем человек—машина (разд. 7.4)	50
3	Контролируемые эксперименты по считыванию шкал	30
4	Лабораторные исследования влияния шума	Несколько сотен
5	Применение результатов исследования шума для решения проектной задачи	0,5
6	Применение модели деятельности человека для решения проектной задачи	0,5
7	Системные эксперименты:	
	а) телефон, распознающий голос (разд. 9.7)	10
	б) школьная доска (разд. 7.5)	2

Ясно, что сначала целесообразно опробовать более простые и дешевые методы, а затем уже переходить к более длительным и дорогостоящим. Такая последовательность действий принесет двойную пользу, так как простые методы ограждают от "ошибок косности", к которым могут привести более сложные методы.

Библиография

Бродбент и Литтл [91], Джонс и др. [90], Маррел и др. [89], Зигель [88], Яффе [87].

Некоторые учебники по эргономике и учету человеческих факторов: Чапанис [92], Эдгольм [93], Фогель [60], Маррел [94], Уэбб [95].

9.7. Системные испытания

Цель

Определить действия, способные привести к желаемым изменениям сложной проектной ситуации.

План действий

1. Определить характеристики данной проектной ситуации, не соответствующие желаемому.
2. Определить источники резких изменений поведения в рамках данной ситуации.
3. Ввести существенные ограничения в источники вариабельности или снять их, зарегистрировав результаты их влияния на характеристики ситуации, не отвечающие желаемому. Зарегистрировать также их влияние на другие характеристики данной проектной ситуации.
4. Выбрать наиболее перспективные и наименее опасные из изученных ограничений и использовать их для планирования и достижения желаемых изменений.

Пример 1

Предотвращение транспортных заторов в городах.

Этот пример является частью примера, приведенного в разд. 11.4.

1. Определить характеристики данной проектной ситуации, не соответствующие желаемому.

Эти характеристики выявляются либо путем привлечения квалифицированных специалистов, либо с помощью методов, представленных в разд. 9.2 — 9.6. В данном случае нежелательными характеристиками считаются следующие: медленное движение транспорта, скопление транспорта на перекрестках, раздражение пассажиров и неопределенная продолжительность поездки.

2. Определить источники резких изменений поведения в рамках данной ситуации.

а) Планировка улиц с большим количеством разнообразных путей между некоторыми, если не всеми, пунктами отправления и назначения.

б) Индивидуальные особенности водителей (владельцев автомобилей), разнообразие их пунктов отправления и назначения и способность водителей резко и неожиданно изменять свои планы (частично или полностью).

в) Общая транспортная ситуация в городе с переменной плотностью движения в разных местах и в различное время.

г) Интеллектуальные способности регулировщика движения (реакция которого на систему транспорта в целом может быть весьма различной, но в конкретном случае ограничена небольшим участком движения транспорта, за которым он наблюдает на перекрестке).

Предполагается, что в рассматриваемом случае в системе управления городским транспортом не применяются ЭВМ, являющиеся еще одним источником введения резких изменений.

3. Ввести существенные ограничения в источники вариабельности или снять их, зарегистрировав результаты их влияния на характеристики ситуации, не отвечающие желаемому. Зарегистрировать также их влияние на другие характеристики данной проектной ситуации.

На этом этапе процесса системных испытаний необходима особая изобретательность, чтобы найти пути, не требующие

больших затрат для введения или снятия существенных ограничений. Очевидно, что ограничениями, которые могут значительно уменьшить скопления транспорта, являются такие, которые объединяют ряд указанных выше источников вариабельности так, что они регулируют друг друга. Все четыре источника вариабельности (планировка улиц, индивидуальные особенности водителей, транспортная ситуация и регулировщики) в настоящее время разрознены из-за недостатка коммуникационных связей с водителями и невозможности для регулировщиков увидеть с высоты птичьего полета то, что происходит внизу.

Ниже приводятся два метода создания экспериментальных связей между четырьмя источниками вариабельности ситуации.

а) Наблюдая за движением с вертолетов, регулировщики по радио передают водителям названия улиц, в которых скапливается транспорт, чтобы водители не пользовались ими в данный момент.

б) Регулировщики на главных перекрестках сообщают по радио примерную скорость и плотность движения. В Центре управления эти данные заносятся на карту, моделирующую уличное движение, с целью нахождения самых быстрых путей между крупными пунктами отправления и назначения. Пути в виде предписаний передаются регулировщикам на перекрестках, а они отображают необходимые изменения в движении на импровизированных динамических указателях (например, используя намагниченные буквы на стальных панелях).

Эти два примера не единственные, но они достаточно хорошо иллюстрируют сам принцип. В любом из этих случаев результаты скопления транспорта могут быть зарегистрированы соответствующим регулировщиком.

Результаты влияния на другие характеристики ситуации можно зарегистрировать, вызвав разнообразные мнения в представительной выборке пассажиров и пешеходов данного города методами открытых референдумов и анкетного опроса, предназначенными для фиксации только существенных результатов. Сложнее определить побочные результаты длительного воздействия, которые могут

быть как неблагоприятными, так и благоприятными. Можно было бы пригласить для участия в проведении экспериментов оплачиваемых специалистов из различных областей деятельности (деловой, профессиональной, технической и научной), с тем чтобы они наблюдали в течение какого-то времени за незначительными признаками изменений, которые в конечном счете могут привести к серьезной опасности, либо к положительным, отрицательным или другим побочным результатам. Системные испытания должны проводиться в течение длительного времени, достаточного для адаптации человека и возникновения компенсаторного поведения. На это может потребоваться несколько месяцев.

4. Выбрать наиболее перспективные и наименее опасные из изученных ограничений и использовать их для планирования и достижения желаемых изменений.

Если одно из нескольких ограничений вызвало значительное уменьшение транспортных заторов и не привело к недопустимым затратам и последствиям, оно должно быть выбрано для подробного рассмотрения и дальнейшей разработки. Результирующая система управления движением может и не иметь физического сходства с импровизированными информационными связями системных испытаний, но она, безусловно, будет включать тот же операционный принцип; например, во внедренной системе управления для анализа транспортной ситуации и формулирования предписаний можно вместо регулировщиков использовать ЭВМ. Аналогично наблюдение за уличным движением с вертолета может быть заменено установленными у тротуара измерителями уровня шума, которые будут по телефонному кабелю подавать сигналы, соответствующие скорости и плотности движения. В течение определенного периода времени, пока разрабатываются окончательные средства, могут применяться некоторые паллиативные меры, чтобы люди могли сразу воспользоваться хотя бы некоторыми преимуществами разрабатываемой системы.

Пример 2

Примеры системных испытаний приводятся в разд. 7. 5 (пример 2), где дает-

ся описание системных испытаний реакции потребителей на классные доски больших размеров. Принципы системных испытаний и затраты на них кратко рассмотрены в разд. 9.6.

Оригинальный метод системных испытаний телефонной сети описан Карлином [82]. В этом случае нежелательными характеристиками были задержки и ошибки в наборе номера телефона. Источниками вариабельности поведения были а) абонент и б) телефонистка. В качестве ограничений вводились жесткие правила поведения, которым должны были следовать телефонистки, чтобы у абонентов создавалось впечатление об использовании вместо дискового набора "машины, распознающей голос". (В то время практически невозможно было спроектировать такую машину, но экспериментаторы хотели проверить ее ценность для абонентов и выяснить, вызовет ли введение подобной машины какие-либо побочные явления.) В результате испытаний (в которых абонентов удалось ввести в заблуждение) было найдено, что многие из предполагавшихся трудностей применения телефона без наборного диска в действительности не возникли; большинству абонентов понравилось это устройство, и они без труда смогли им пользоваться. Выявлен был поразительный побочный эффект: заики переставали заикаться, уверенные в том, что они называют номер телефона машины, а не оператора.

Замечания

Основным предположением в системных испытаниях является то, что внешняя модель не может контролировать ситуацию, если она не основана на адекватном знании причин и следствий в рамках контролируемой системы.

На рис. 9.11 показано, что знание K не охватывает полностью ситуацию S , поэтому модель M , представляющая K , не сможет дать обобщенных результатов, которые могли бы адекватно контролировать функционирование S . Именно это может произойти, если для ликвидации транспортных заторов планируется расширение дороги. Такое решение могло быть принято на основании математической модели, используемой для определения числа рядов движения, необходи-

мых для прохождения существующего транспорта без задержки. Эта модель представляет далеко не полную картину о причинах транспортных заторов в городе. Авторы модели могут, например, исходить из неправильной предпосылки, что заторы создаются *только* из-за отсутствия надлежащего пространства между машинами, так что обеспечение большего пространства решит проблему. Когда ширина дороги увеличится, заторы на этой дороге действительно могут исчезнуть, но они будут возникать на вливающих в нее боковых дорогах, которые остались узкими. Если и эти дороги расширить, они привлекут к себе больший поток машин, и тогда заторы вновь возникнут на главной магистрали, ширина которой была увеличена ранее. Все это объясняется тем, что в модели учитывается только часть переменных, характеризующих первоначальную ситуацию. До тех пор пока не будут вскрыты все факторы, оказывающие существенное влияние на решение предпринять поездку, приходится в качестве модели использовать саму реальную ситуацию. Сложная ситуация, в которой известны последствия, но не известны вызвавшие их причины, может быть решена только с помощью проектных методов, основанных на системной модели. Принципы системных испытаний подробно описаны Биром [35, 96].

Недостатки системных испытаний таковы:

а) Результаты их не всегда воспроизводимы, так как нет возможности выяснить, является ли исследуемая ситуация точной копией предыдущей или отличается от нее и от аналогичных ситуаций, возникших в других местах. Меры, основанные на системных исследованиях и призванные ликвидировать заторы в утренние часы, не применимы в вечерние часы без дополнительных системных испытаний. Это объясняется тем, что пока нет способа заранее установить, что одна схема движения городского транспорта является или не является адекватной моделью другой.

б) Системные испытания могут касаться только существенных последствий. Они не чувствительны к незначительным эффектам, которые можно обнаружить

только в результате многократных повторных экспериментов (незначительные побочные последствия, описанные в примере 1, обнаружены путем дополнительных системных испытаний с помощью экспертных оценок). Не может быть оправданно вычисление средних значений или сходных статистических характеристик по результатам нескольких системных испытаний, так как нет средств обеспечить постоянство ситуации ("ситуация" сама является главной неизвестной величиной).

Применение

Системные испытания имеют преимущество перед использованием отдельных моделей, частных вычислений и особых

для данной ситуации. Результаты таких системных испытаний применимы, однако, только к данной исследуемой ситуации.

Обучение

Изучить принципы системных испытаний нетрудно (Бир [35, 96]). Значительная доля изобретательности, а также научного и практического опыта требуется, однако, для отыскания путей применения недорогих, быстрых и достаточно информативных ограничений. Интерпретация результатов системных экспериментов требует игнорирования многих частных, которые должны учитываться при многократно повторяющихся научных экспериментах; здесь отыски-

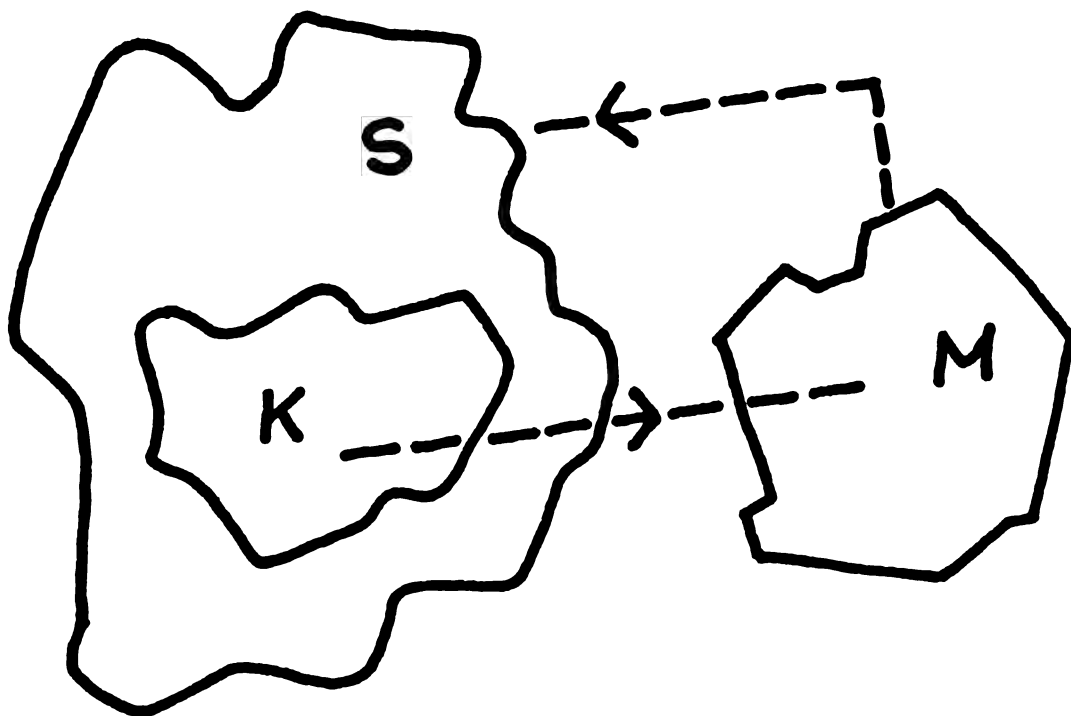


Рис. 9.11

для каждого случая "языков задачи" в тех случаях, когда имеются сомнения относительно правильности установления причин и следствий в реальной ситуации и характера их взаимосвязей. Они полезны также в тех случаях, когда имеющиеся модели не могут учесть все важные взаимосвязи причин и следствий, которые по предположению характерны

ваются только существенные эффекты. Системные испытания предполагают также способность получать от наблюдателей — как экспертов, так и неэкспертов — факты, относящиеся именно к *новой ситуации*, и отличать их от тех, которые справедливы только для других ситуаций, с которыми эксперты и не эксперты просто более знакомы.

Стоимость и время

Системные испытания требуют по крайней мере на порядок величины меньших затрат времени и средств, чем традиционный научный метод, при котором каждый раз изменяется только одна переменная, а остальные поддерживаются постоянными. Например, системные испытания, выполненные автором над параметрами автомобильных сидений, потребовали только одного человеко-года, в то время как лабораторные исследования вибраций, проведенные до системных испытаний, заняли около 10 человеко-лет, не дав при этом какой-либо информации, которая оказалась бы полезной для конструкторов и дизайнеров автомобильных сидений. Однако системные испытания требуют значительно больших затрат времени и средств, чем консультации и обсуждения в комиссиях, представляющие собой традиционную основу для принятия важных проектных решений на уровне систем.

Библиография

Бир [35, 96] , Джонс [62] , Карлин [82] .

9.8. Выбор шкал измерения

Цель

Соотнести измерения и вычисления с погрешностями наблюдений, со стоимостью сбора данных и с задачами проекта.

План действий

1. Сформулировать вопросы, на которые результаты измерения должны дать ответ.

- 2. Определить допустимую погрешность и приемлемую стоимость измерения.
- 3. Выбрать соответствующую шкалу измерения.
- 4. Разработать методику измерений, соответствующую изложенному выше.

Пример

Разработчикам посудомоечных машин нужны сведения о форме и размерах столовой посуды, которая должна загроужаться в машину.

1. Сформулировать вопросы, на которые результаты измерения должны дать ответ.

Прежде чем наметить методику измерений, необходимо уточнить приведенную выше формулировку цели исследования. Это можно сделать, разделив ее на следующие вопросы:

- а) какие типы столовой посуды обычно используются людьми, которые могут себе позволить иметь посудомоечную машину?
- б) каков порядок приоритетов отдельных типов посуды при загрузке в машину?
- в) каковы габаритные размеры каждого типа столовой посуды?

2. Определить допустимую погрешность и приемлемую стоимость измерения.

Допустимые погрешности и затраты могут быть следующими:

Измерение	Допустимая погрешность	Приемлемые затраты на измерения, человеко-дни
а) Типы используемой посуды	Игнорирование типов посуды, составляющих менее 5% типичной загрузки	40
б) Порядок приоритетов при автоматической мойке	Установление неправильного приоритета для менее чем 10% посуды в типичной загрузке	20
в) Габаритные размеры каждого типа посуды	$\pm 2,5$ мм	20

Приемлемые погрешности устанавливаются путем оценки последствий тех или иных погрешностей и принятия решения относительно того, какие максимальные последствия еще допустимы. Приемлемые затраты оцениваются по максимальной "страховой премии", которую проектировщики готовы выплачивать в виде компенсации за погрешности, превышающие установленные пределы. Если приемлемая точность не может быть достигнута при приемлемых затратах, одна или обе из этих оценок, естественно, должны быть пересмотрены.

Погрешность измерения должна быть на порядок величины меньше "приемлемой" погрешности, чтобы накопленные ошибки наблюдения оказывали незначительное влияние на расчеты любого вида.

3. Выбрать соответствующую шкалу измерения.

Шкалы измерения могут быть шести различных типов.

Номинальные (или классификаторные) шкалы, например цвета, национальности, запахи, болезни, профессии, кодовые номера и т. д.

Частично упорядоченные (или слабо упорядоченные) шкалы, например дед, отец, дядя, ребенок, двоюродный брат, частично упорядоченные по старшинству.

Порядковые (или ранговые) шкалы, например первый, второй, третий; очень хорошо, хорошо, посредственно, плохо, очень плохо (на экзамене).

Интервальные шкалы, например градусы Цельсия.

Пропорциональные шкалы, например граммы, сантиметры, омы, секунды, доллары.

Многомерные шкалы (или числовые индексы), каждая из которых состоит из нескольких простых измерительных шкал, например мили на галлон, эффективная температура, капитализируемые затраты и др.

Все эти шкалы состоят из чисел или других символов, характеризующих категории, по которым проводится наблюдение; например, "это *синий* автомобиль", "он *первым* пришел к фини-

шу", "температура воды 95°С", "масса равна 2 кг". Шкалы различаются по характеру предполагаемых *зависимостей* между категориями. Для номинальной шкалы не делается никаких предположений, кроме требования неперекрывания категорий; для других шкал, перечисленных выше в порядке их усложнения, предполагаются дополнительные зависимости. Например, категории порядковой шкалы ранжированы по порядку величины, но интервалы между категориями не задаются.

Там, где речь идет о "количественных" измерениях, обычно используются интервальные и пропорциональные шкалы. Основное различие между ними состоит в том, что в пропорциональной шкале отсчет ведется от абсолютного нуля, в то время как в интервальной за нуль принимается условная точка, например точка таяния льда, принимаемая за нуль в столбчатой шкале температур (шкале Цельсия).

Практическим результатом этих и других различий между шкалами является возможность ограничить область математических и статистических вычислений, которые можно произвести без риска допустить ошибку. Например, найти среднее значение чисел на порядковой шкале невозможно, так как интервалы между последовательными классами неизвестны; нельзя ведь сказать что прийти к финишу вторым означает "среднее значение между прийти первым и прийти третьим". Однако есть целый ряд полезных статистических вычислений (непараметрическая статистика, см. Зигель [88]), которые можно применить и к менее упорядоченным шкалам. Это полезно знать, так как на основные проектные вопросы редко можно ответить, пользуясь шкалой, позволяющей выполнять любые математические или статистические вычисления.

Для получения ответа на вопросы, касающиеся конструкции посудомоечных машин, можно применять следующие шкалы:

а) *Типы используемой посуды* следует определять по номинальной шкале. Даже самое простое требование неперекрывания категорий трудно выдержать, так как общепринятые названия "тарелки".

"чашки", "блюда" и т. п. не всегда оказываются достаточно определенными. Возможно, сначала следует придумать специальные названия, имеющие четко определенный и ограниченный смысл, а затем уже выделять соответствующие категории. Такие действия требуют известных творческих способностей (см. разд. 11.8); они положат начало созданию "языка задачи" и могут оказать существенное влияние на окончательное решение (в данном случае на конструкцию реечной стойки и размеры корпуса машины).

б) *Порядок приоритетов при автоматической мойке посуды* следует определять с помощью хотя бы порядковой шкалы. Но уже после небольших размышлений над тем, что надлежит делать с такой информацией (т. е. решив, какие типы посуды загружать в машину), становится ясно, что трудно ответить на вопрос, какими категориями можно пренебречь, если не известны интервалы между "рангами". Поэтому имело бы смысл попытаться собрать данные, которые могли бы дать ответ на этот вопрос с помощью интервальной или пропорциональной шкалы, если для этого имеется достаточно времени.

г) *Габаритные размеры каждого типа посуды* следует измерять с помощью пропорциональной шкалы, поскольку как абсолютные размеры столовой посуды, так и эффект суммирования размеров отдельных предметов повлияют на проектные решения.

4. Разработать методику измерений, соответствующую изложенному выше.

Кратко можно указать следующий план действий:

а) Какие типы столовой посуды обычно используются людьми, которые могут себе позволить иметь посудомоечную машину? Ответ должен быть получен за 40 человеко-дней с допустимой погрешностью, составляющей 5% типичной загрузки. Номинальная шкала.

Методика этого измерения может включать экспериментальные исследования в домах и среди поставщиков столовой посуды с целью выбора точных наз-

ваний и определений для наиболее употребительных типов посуды. Затем можно провести опрос по почте или с помощью интервью, чтобы выяснить, какие из них удовлетворяют критерию 5%-ной погрешности. Должны использоваться относительно небольшие выборки, поскольку допустимая погрешность довольно высока, а средства на проведение исследований невелики. Может оказаться целесообразным применение дешевых косвенных способов перекрестной проверки собранных данных, например определение типов столовой посуды, которая не помещается в посудомоечные машины существующих моделей.

б) Каков порядок приоритета отдельных типов посуды при загрузке в машину? Допускается погрешность классификации до 10% типичной загрузки. Использовать по меньшей мере порядковую шкалу или более сложную, если это возможно (20 человеко-дней).

Для построения необходимой в данном случае шкалы можно заставить потребителей попарно сравнивать типы столовой посуды и присвоить "ранги" по общей сумме очков для каждого типа в соответствии с матрицей взаимодействий (см. разд. 11.1 и работу Санофа [86]). Это называется методом сравнения пар. Недостаток этой методики заключается в том, что основа для сравнения неизвестна и может изменяться от потребителя к потребителю и от пары к паре; например, один потребитель может иметь в виду мытье посуды после обычного обеда, а другой — после приема гостей. Поэтому объединение таких результатов в единую ранговую последовательность может невольно привести к созданию многомерной шкалы, которая затем будет трактоваться, однако, как одномерная.

Один из способов преодоления этой трудности состоит в том, чтобы определить порядок приоритетов по измерениям (на порядковой шкале) численных значений "штрафов", алагаемых при невозможности загрузить в машину посуду соответствующего типа (предполагается, что *штрафы* — одномерные величины). Реалистической мерой штрафа может служить частота использования каждого

типа посуды, которая вычисляется путем опроса произвольной выборки потребителей о типах столовой посуды, которыми они пользовались один или более раз за предыдущий день, за неделю, месяц или квартал. В данном случае на результаты окажет влияние надежность памяти как средства измерения прошлых событий. Эту надежность можно проверить, поставив те же вопросы в другой форме, например попросив составить перечень предметов посуды, использовавшихся в отдельные конкретные дни, и сравнить его с предыдущими ответами. Дополнительную проверку можно сделать, дав потребителю задание вести подобный учет в течение некоторого периода.

в) Каковы габаритные размеры каждого типа столовой посуды? Приемлемая неточность $\pm 2,5$ мм. Пропорциональная шкала, 20 человеко-дней.

Габаритные размеры в какой-то степени зависят от способа, который конструкторы предусматривают для крепления каждого предмета в посудомоечной машине. Поэтому прежде, чем определять эти размеры, следует принять некоторые конструктивные решения. Пусть для этого требуется знать диаметр, высоту, толщину и наклон краев каждой тарелки и что проектировщикам требуются образцы каждого типа посуды (чашек, стаканов, молочников и т. д.), чтобы они могли провести опыты с различными видами креплений для них. Для определения размеров тарелок требуется измерительный инструмент, обеспечивающий погрешность $\pm 0,25$ мм (т.е. на один порядок величины меньше) с таким расчетом, чтобы накопленные ошибки наблюдения не оказывали значительного влияния на результат. После измерения большого количества посуды можно статистически распределить размеры и формы посуды внутри каждого типа. Габаритными размерами можно считать те, которые включают 95% каждого типоразмера. Поскольку измерения проводятся по пропорциональной шкале, допускается использование полученных данных для вычисления средних величин, стандартного отклонения и т. д.

Замечания

Выбор шкал измерения не является проектным методом в общепринятом смысле,

однако, не прибегая к измерениям, невозможно применять четкую методологию проектирования. Принципы измерения имеют следующее отношение к проектированию:

а) Важнейшие измерения при проектировании те, которые непосредственно связаны с задачами и критериями проекта. Поскольку задачи и критерии лишь редко можно измерить с помощью привычной пропорциональной шкалы, очень важно уметь пользоваться менее широко известными шкалами низшего порядка. В книгах Холла, Кофмана и Зигеля подробно рассматриваются такие шкалы.

б) Для того чтобы понять некоторые из описанных в этой книге методов, требуется хотя бы элементарное знакомство с измерительными шкалами. Поэтому при обсуждении этих методов даются ссылки на данный раздел.

в) Инженеры, архитекторы и другие специалисты, для которых измерения имеют важное значение, как правило, не знают никаких измерительных шкал, кроме пропорциональных. В какой-то мере это объясняется тем, что задачи более высокого уровня, к которым применимы шкалы низшего порядка, традиционно решались на основании опыта и здравого смысла. В будущем их, однако, часто придется решать с помощью измерений и вычислений.

Зависимость вычислений от измерений и отношение точности к стоимости и величине штрафа редко освещаются в литературе, посвященной методам проектирования.

Следует иметь в виду, что на тщательные размышления и действия, связанные с выполнением точных и полезных для практики измерений, требуется значительно больше времени и сил, чем для проектирования "сидя в кресле". Поэтому приведенный выше пример следует рассматривать лишь как беглый набросок тех размышлений, которые необходимы для полного планирования соответствующих измерений. Подробное рассмотрение этих вопросов заняло бы добрую половину книги и явилось бы бесполезным описанием принципов, которые гораздо лучше описаны в книгах по математике и другим наукам. Единственный новый аспект описанной здесь

методики — это объединение естественно-научных, математических и экономических принципов в единую процедуру планирования измерений, которая связывает эти принципы с существенно важными вопросами проектирования.

Изложенная методика может показаться чересчур осторожной инженерам и всем, кому часто приходится применять вычисления по пропорциональным шкалам к ситуациям, которые могут быть точнее представлены более простыми или более сложными шкалами измерения, примером чему может служить использование интервальной шкалы для измерения многомерных показателей теплового комфорта (разд. 10.4). Конечно, результирующие ошибки, вызванные неправильным выбором шкалы, могут оказаться и небольшими. Однако трудно узнать заранее, так ли это на самом деле, и возможны случаи, когда погрешности будут велики. Например, при подаче небольшого количества тепла затраты на отопление комнаты слабо зависят от погрешностей при выборе шкалы комфорта, но при неограниченной подаче тепла эта зависимость может быть очень сильной.

Эта дилемма возникает также и при попытке определить порядок приоритетов при загрузке различных типов столовой посуды на этапе 4 приведенного примера. Этот вопрос рассматривается ниже в разд. 12.2 и 12.3.

Применение

Метод может использоваться в любой ситуации, где необходимы измерения, в особенности же в тех случаях, когда стоимость и величина штрафа велики, а шкалы измерения слабо упорядочены.

Обучение

Освоить принципы измерения достаточно легко, но они почти неизвестны инженерам и тем специалистам, в задачу которых входит давать точные ответы на поставленные вопросы. Те, кто не знаком с описанными шкалами измерения, могут прочитать книги Холла, Кофмана и Зигеля, а затем перейти к более специальной литературе. Лишь после этого следовало бы приступить к измерениям, могущим иметь важные последствия.

Возможно, что удастся избежать многих дорогостоящих ошибок и излишних затрат на проведение измерений с ненужной степенью точности, если лица, специально занимающиеся измерениями, ознакомятся с часто оставляемыми без внимания принципами измерений и с теорией ошибок.

Стоимость и время

Зависимости между а) точностью и затратами и б) погрешностью и штрафом не всегда хорошо известны тем, кому приходится выполнять измерения и вычисления. Вероятно, удастся добиться значительной экономии средств, если эти два ряда зависимостей будут подробно исследованы в каждой конкретной ситуации.

Библиография

Чапанис [92], Холл [58], Кофман [49], Саноф [86], Зигель [88].

9.9. Накопление и свертывание данных

Цель

Построить и представить в визуальной форме модели поведения человека, от которых зависят критические проектные решения.

План действий

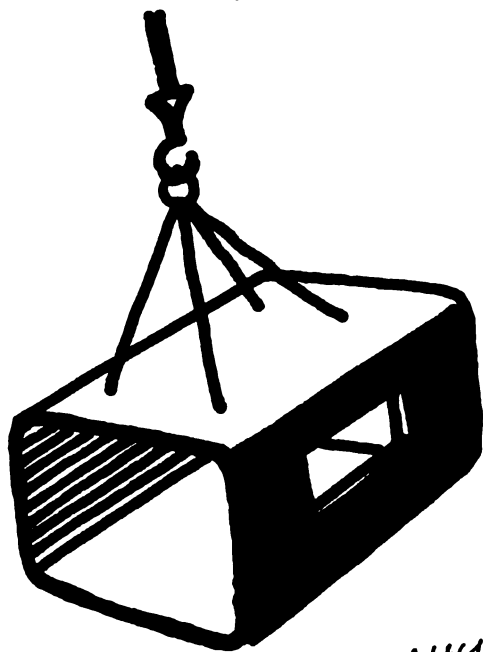
1. Выявить неопределенности, имеющие критическое значение для успеха или неудачи проектных решений в рассматриваемом диапазоне.
2. Определить, до какой степени следует сократить неопределенности, имеющие критическое значение.
3. Определить время и имеющиеся возможности для сокращения неопределенностей, имеющих критическое значение.
4. Просмотреть существующие методы накопления и свертывания данных, отмечая в каждом случае точность, скорость и стоимость обработки данных, а также типы вопросов, на которые может быть дан ответ.
5. Выбрать методы накопления и сверты-

вания данных, совместимые с изложенными требованиями и друг с другом.

6. Непрерывно проверять релевантность промежуточных результатов и неопределенностей, имеющих критическое значение, и при необходимости корректировать методику.

Пример

При планировке комнат определить, какое пространство должно быть оставлено для прохода между стульями и стенами (предполагается, что полученные данные будут использованы для определения минимальных размеров элементов зданий заводского изготовления для массового строительства).



*Блок жилого здания
заводского изготовления*

Пример основан на диссертации Робинса [97] и приводится здесь с его разрешения.

1. Выявить неопределенности, имеющие критическое значение для успеха или неудачи проектных решений в рассматриваемом диапазоне.

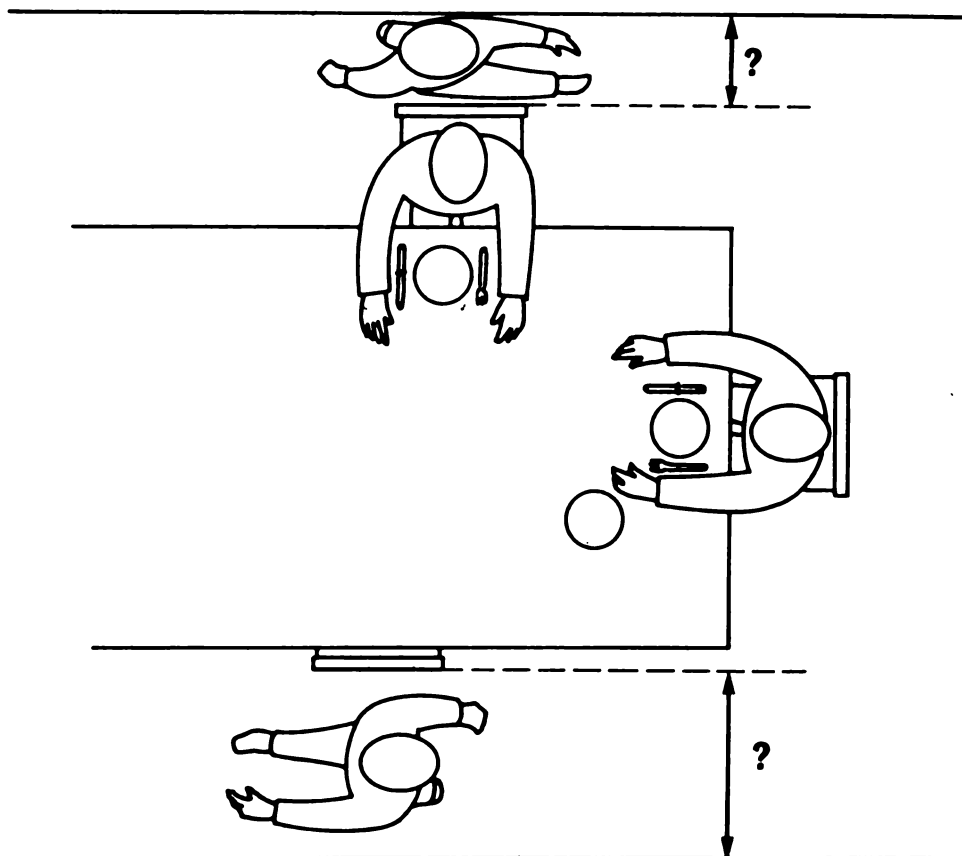
Предположим, что элементы зданий массового строительства будут изготавливать-

ся индустриальными методами из формованных бетонных компонентов стандартных размеров. Основными неопределенностями являются стоимость (которая должна быть достаточно низкой, чтобы предоставить жилье как можно большему числу семей) и размер (который должен быть достаточно большим, чтобы быть приемлемым для жителей в течение ближайших 20 – 30 лет). В настоящее время еще ничего или почти ничего не известно о том, как в течение этого периода изменятся взгляды людей на размеры комнат, однако предполагается, что размеры эти должны быть по меньшей мере достаточными для беспрепятственного движения человека между мебелью и стенами. Принимается, что одним из таких критических размеров

является пространство между стеной и занятым стулом за обеденным столом (другие критические размеры, например высота потолка, будут рассмотрены отдельно).

2. Определить, до какой степени следует сократить неопределенности, имеющие критическое значение.

Когда проводилось данное исследование, существовало значительное расхождение



между размерами, рекомендованными разными организациями в Англии, Швеции и Нидерландах для беспрепятственного передвижения в доме. Кроме того, невозможно было сказать, являются ли рекомендуемые размеры минимальными или оптимальными и связаны ли отклонения от них с большими или малыми штрафами или выгодами. Исследователи пришли к выводу, что эти неопределенности не могут быть разрешены, пока не известно, как сказывается на движениях человека изменение размеров пространства на величину около 25 мм.

При выборе наиболее рационального направления исследований (с учетом экспериментальных ошибок) было решено идти в сторону занижения, а не завышения свободного пространства. Такое решение было принято в связи с тем соображением, что рекомендованные минимальные размеры комнат вообще не будут приняты потребителями, если будет существовать хоть малейшее сомнение в том, что они действительно минимальны. Поэтому реакция потребителей будет менее благоприятной, чем

в случае, если бы были изданы, хотя и не вполне удовлетворительные, но вызывающие к себе доверие стандарты (разд. 12.2).

3. Определить время и имеющиеся возможности для сокращения неопределенностей, имеющих критическое значение.

Проект, на котором основан этот пример, планировалось закончить за 5 месяцев, два из которых ушло на анализ данных и составление отчета. Такой график работы оказался очень напряженным, и пришлось внести ряд изменений в первоначальный план, когда стало ясно, как много времени требуется на обработку данных вручную.

4. Просмотреть существующие методы накопления и свертывания данных, отмечая в каждом случае точность, скорость и стоимость обработки данных, а также типы вопросов, на которые может быть дан ответ.

Некоторые типовые методы накопления данных и их основные характеристики показаны в табл. 9.1 (с этой схемой следует тщательно ознакомиться, прежде

Таблица 9.1

ВАРИАНТЫ ВЫБОРА	РЕКОМЕНДАЦИИ		НЕИЗБИРАТЕЛЬНЫЕ (конкретные и реалистические)	ИЗБИРАТЕЛЬНЫЕ (абстрактные и утопические)
	РЕЗУЛЬТАТЫ		Не планировать методы анализа информации, пока не будет выяснен характер данных	Не накапливать данных, пока не будет точно решено, каким образом они будут анализироваться и использоваться
ПРОДОЛЬНЫЕ (исторические и зависящие от времени)	Используются, когда неизвестно, что и почему происходит	Сбор большого объема данных от каждого члена малой группы	ПРИМЕРЫ: кинофильм видеозапись звукозапись журнал наблюдателя дневник участника	ПРИМЕРЫ: цифровая магнитная лента бумажная перфолента графическая запись анализ движений
ПОПЕРЕЧНЫЕ (количественные и одно-временные)	Используются, когда необходимо определить масштабы происходящего	Сбор небольшого объема данных от каждого члена большой группы	ПРИМЕРЫ: фотоснимки письменные описания собранные образцы свободные интервью	ПРИМЕРЫ: вопросы с множественным выбором ответа цифровые счетчики подсчет повторяемости топографическая съемка

чем переходить к дальнейшему).

Как видно из схемы, наиболее важно сделать выбор между избирательной и неизбирательной записью (категории АВ или CD) и между продольной и поперечной записью (категории АС или BD). По-видимому, для проекта, связанного со сбором данных, потребуется информация каждой из этих четырех категорий. Прежде всего проектировщики и исследователи должны решить такие вопросы:

- а) трудозатраты на накопление данных каждой категории;
- б) последовательность использования данных каждой категории.

Можно увлечься сбором данных какой-либо одной категории и забыть о том,

что для определения характера проблемы в целом требуются различные методы. Можно также упустить из вида, что сперва необходимо исследовать общую структуру проблемы и лишь после этого выбирать аспекты, которые целесообразно проанализировать более детально. На табл. 9.1 показано, почему рекомендуется начинать с исследований неизбирательного продольного типа (А) и постепенно идти (через В или С) к исследованиям избирательного поперечного типа (D). Объем информации каждой категории будет зависеть от степени определенности или неопределенности имеющихся знаний. Если характер проблемы неясен, усилия должны быть направлены прежде всего на методы неизбирательного типа (AB) и исследования продольного типа (AC), ведущие к концентрации внима-

ния на категории А. Если же характер проблемы уже известен, наибольшие усилия следует направить на отбор избирательного типа (CD) данных поперечного типа (BD), ведущий к концентрации внимания на категории D.

Рассматриваемое здесь исследование оптимальной планировки комнат началось с изучения литературы. Было установлено, что предыдущие работы включали исследования продольного и поперечного типов, касавшиеся поведения человека при изменяющихся размерах пространства с использованием наблюдений как избирательного, так и неизбирательного типов. Хорошим исходным пунктом для дальнейшей работы было признано одно исследование неизбирательного продольного типа (категория А). Невозможно было сказать что-либо о значении предшествующих исследований поперечного и избирательного типов (категории BCD), поскольку они оказались слишком детализированными, т.е. не соответствовали работе неизбирательного или продольного типа (категория А). Поэтому после ряда обсуждений было решено сосредоточить первоначальные усилия главным образом на киносъемках движений людей солидной комплекции в пространстве, имитирующем комнату, размеры которой могли изменяться по желанию (категория А). Остальное время отводилось на анализ выбранных аспектов данных (категории А или С), записанных на киноплёнку. Форма этого анализа была определена лишь после того, как стали известны результаты предварительного исследования.

Для тщательной разработки метода накопления и свертывания данных требуются специальные знания, выходящие за пределы темы данной книги и непосредственной компетенции ее автора.

Нижеследующий перечень дает некоторое представление о вопросах, которые следует поставить:

В ы б о р к а

Какова должна быть величина выборки?
Как она должна быть образована?
Должна ли она быть однородной?

Т о ч н о с т ь

Какова должна быть степень точности измерений?

Согласована ли точность всех этапов от накопления данных до формулирования окончательных выводов?

Имеются ли уязвимые места и перегруженные участки в цепи процессов накопления и сокращения данных?

Н а к о п л е н и е и с в е р т ы в а н и е д а н н ы х в р у ч н у ю

Отведено ли достаточно времени на эти очень утомительные ручные операции?

Будет ли каждый участник обладать достаточным практическим опытом до того, как начнется запись данных?

Имеется ли способ обнаружения и исправления ошибок наблюдения, записи и ручной обработки данных?

Имеются ли правила и четкие определения относительно того, что следует считать наблюдением, а что должно игнорироваться?

Имеются ли согласованные коды для записи наблюдений и для промежуточных стадий свертывания данных?

Используется ли в предлагаемом методе редуцирования данных способность человеческого мозга выявлять общие структуры в совокупности данных, которые можно интерпретировать по-разному?

А в т о м а т и ч е с к о е н а к о п л е н и е и с в е р т ы в а н и е д а н н ы х

Предусмотрено ли достаточное время на отладку и взаимную подгонку аппаратуры, условий освещения, установку шкал, переключающих устройств и т. п., которые до тех пор не комбинировались подобным образом?

Совместимы ли количество, скорость и точность автоматической обработки данных с теми ручными операциями, которые сохраняются в системе, в особенности на ее входе и выходе?

Достаточна ли надежность системы для условий эксплуатации проекта в течение всего расчетного значения его срока службы?

Возникают ли на достаточно ранних этапах обработки данных сигналы об ошибках и упущениях, вызванных отказом машины или оплошностью при планировании?

С т о и м о с т ь и в р е м я

Известны ли с достаточной степенью точ-

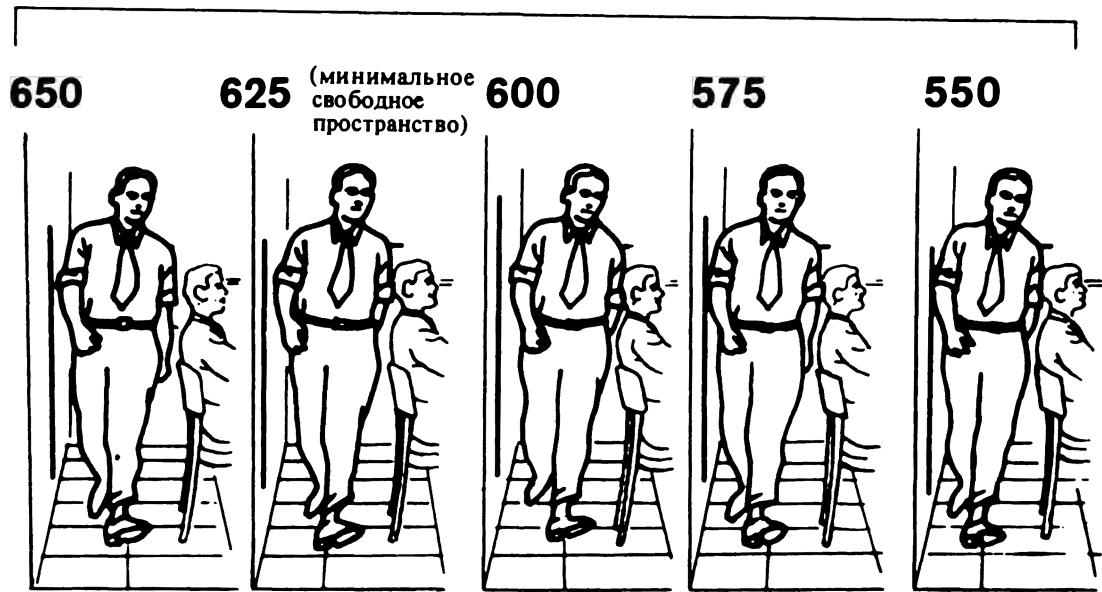


Рис. 9.12а

Минимальное расстояние для свободного прохода 625 мм.
Это наименьший просвет, при котором не наблюдается заметного изменения позы проходящего человека.

Осторожное движение:

Небольшие отклонения от характерных поз, принимаемых испытуемым в процессе деятельности, так что критические кадры показывают одну или несколько из перечисленных ниже мер предосторожности, предпринимаемых при обходе препятствия.

	Просвет, мм				
	650	625	600	575	550
1. Уменьшается длина шага	—	—	—	—	—
2. Рука заносится назад или вперед	—	—	х	—	х
3. Рука прижимается к туловищу	—	—	—	—	—
4. Локти прижимаются к бокам	—	—	х	х	х
5. Плечо поворачивается	—	—	х	—	х
6. Несинхронное движение рук и ног; например, левая нога и левая рука движутся вперед одновременно	—	—	—	—	—

ности стоимость и длительность каждого этапа?
Согласованы ли они с суммой ассигнований, предельным сроком выполнения и ценностью собранной информации для клиента?

5. Выбрать методы накопления и свертывания данных, совместимые с изложенными требованиями и друг с другом.

В соответствии с требованием п. 4 первоначальный выбор методов накопления и свертывания данных был таков:

Э т а п 1. Съемка пробных кинограмм движений нескольких испытуемых, свободно перемещающихся в комнатах разных размеров.

Э т а п 2. Просмотр и расшифровка кинограмм для определения методики обработки данных.

Э т а п 3. Съемка кинограмм движений примерно 12 человек крупной комплекции, выполняющих заданные однотипные

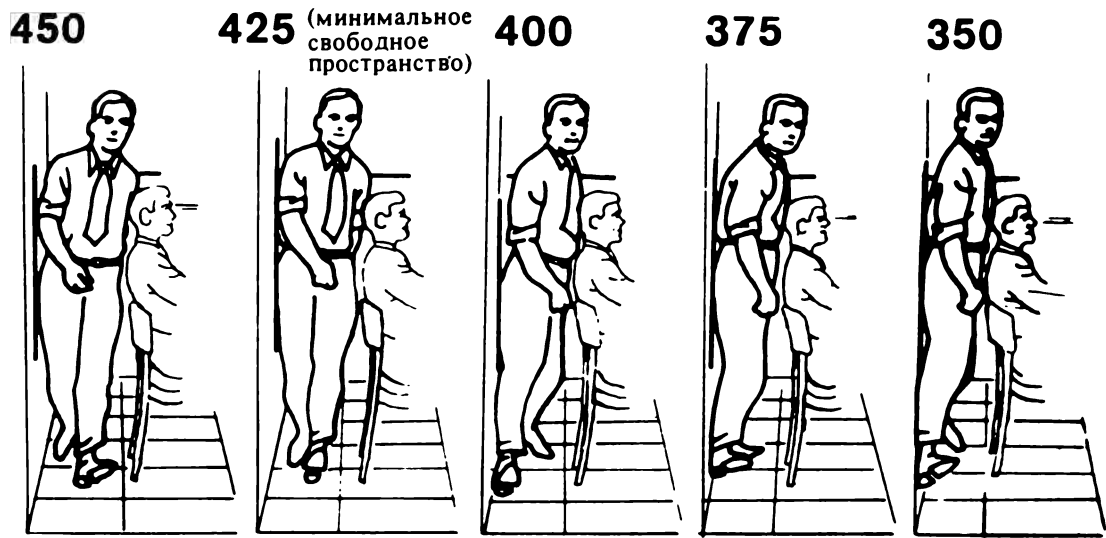


Рис. 9.126

Минимальное расстояние для ограниченного движения 425 мм.
Эта наименьший *просвет*, при котором не наблюдается *резкого* изменения позы.

Резкое изменение позы:

Предельный боковой поворот тела, при котором *критические кадры* обнаруживают один из перечисленных ниже элементов:

	Просвет, мм				
	450	425	400	375	350
1. Непреднамеренный контакт туловища с поверхностями, ограничивающими просвет	—	—	X	X	X
2. Поворот туловища боком	—	—	—	X	X
3. Попытка испытуемого уменьшить размеры туловища путем:					
а) вдоха	—	—	—	—	X
б) приподымания	—	—	X	X	X
в) поднятия плеч или локтей	—	—	—	—	X

перемещения в тщательно контролируемых пространствах разных размеров.

Э т а п 4. Преобразование данных кинограмм с целью извлечения достаточного количества информации для определения наименьших размеров свободного пространства, не приводящих к резкому изменению позы движущегося человека (используется методика обработки данных, выбранная на этапе 2).

6. Непрерывно проверять релевантность промежуточных результатов и неопределенностей, имеющих критическое значение, и при необходимости корректировать методику.

Неопределенность, имеющая критическое значение, уже была охарактеризована ранее как величина пространства, необходимого для того, чтобы человек мог пройти между стеной и заня-

тым другим человеком стулом за обеденным столом. Было решено также, что существующая неопределенность размера этого пространства порядка ± 76 мм должна быть уменьшена в результате исследования до $+0$ мм $\div -25$ мм с сохранением допуска только на занижение этого размера.

Соответствие выбранной методики указанной величине неопределенности проверялось следующим образом:

а) Ракурс киносъемки был изменен: от использовавшейся прежними исследователями съемки с верхней точки перешли на фронтальную съемку, так как было обнаружено, что сверху недостаточно хорошо были видны изменения позы человека, вызванные стесненностью пространства.

б) На этапе 2 рассматривалась целесообразность применения сенсорных датчиков для регистрации предельных движений человека (категория D) и фиксации позы при отражении на киноленте последовательных наклонов тела человека (категория C). Однако от этого отказались, так как в таком случае потребовалась бы значительная переналадка оборудования, а в процессе обработки данных отфильтровывалось бы многое из той информации, которая необходима для получения представления о резких изменениях позы.

в) Было испытано несколько цифровых методов редуцирования данных (категория C и D), но они оказались излишне точными и дорогими, поэтому решили использовать то, что исследователь определил как "критические кадры" (категория B), показывающие самые резкие изменения позы каждого испытуемого для каждого размера свободного пространства. Такое решение дало возможность сразу исключить из рассмотрения целый ряд мелких побочных проблем, что позволило исследователю получить гораздо более глубокое представление о существе дела.

На рис. 9.12а и 9.12б контурным рисунком выделены типовые позы испытуемого, принимаемые им для того, чтобы пройти в узком проходе (шириной от 600 до 350 мм) между стеной и сидящим человеком. Степень изменения

положения тела в ограниченном проходе выражена количественно в таблицах мер предосторожности (категория D). Предсказать заранее категории этой таблицы было невозможно, так как они являются результатом классификации необработанных данных по принципу проб и ошибок.

Результаты показали, что первоначальное намерение исследователя определить только один предельный размер было ошибочным. Более реалистичным оказался выбор двух пределов: одного — для незначительного изменения положения тела человека или еле заметного движения (норма "роскоши") и другого — для значительного, но еще приемлемого изменения позы (допустимый минимум). На рис. 9.12а и 9.12б этим двум размерам соответствуют проходы шириной 625 и 425 мм. В пределах этих величин и выше максимального размера проектировщики могут действовать по своему усмотрению, исходя из размеров комнаты и других проектных параметров, с которыми эти размеры могут вступать в противоречие. Результаты, полученные для разных испытуемых, в разумных пределах совпадали.

Замечания

Сбор и анализ данных имеют целью заполнить пробел, возникающий в результате неспособности проектировщика определить на основе собственного опыта или путем непосредственного изучения критические конфигурации и величины, характеризующие ситуацию, которой его проект должен соответствовать или которую он призван трансформировать. Сделать это значительно труднее, чем кажется на первый взгляд, потому что на каждую единицу собранной полезной информации приходится множество абсолютно бесполезных сведений. В реальных условиях релевантная информация погребена в массе потенциально нерелевантных данных. Более того, большая часть как полезной, так и бесполезной информации, получаемой в результате накопления и свертывания данных, первоначально скрыта от глаз наблюдателя.

Полезность информации, представляемой визуальными механическими и статистическими способами, может быть

установлена либо путем оценки на основе существующего опыта "на что похоже то, что происходит" (т. е. формулированием гипотезы), либо путем проведения кратких экспериментальных исследований для предварительного отбора результатов до того, как пойти на крупные затраты времени и средств. Идеально было бы непрерывно проверять релевантность информации и на основе этого изменять избранное направление работы над проектом или вовсе отказаться от него, если окажется, что это направление бесперспективно.

При сборе и анализе данных полезно мысленно представить себе картину конечного результата. Важные особенности такой картины таковы:

1. Данные, которые могут быть собраны, погребены в совокупности объектов и событий, которые слишком удалены, слишком велики, слишком малы, слишком быстры или слишком медленны, чтобы их можно было охватить непосредственным наблюдением. Например, аспекты проектной ситуации, относящиеся к уличному движению в городе, слишком рассеяны, не совпадают по времени и не могут быть изучены путем непосредственного наблюдения. Кроме того, многие подробности не имеют практического значения и только затеняют данные, которые можно было бы использовать при проектировании, если бы они были известны.

2. Накопление данных означает процесс последовательного извлечения единиц информации из естественного контекста и включения их в некую промежуточную нейтральную среду, которую можно сделать доступной органам чувств проектировщика. Эта среда должна быть достаточно пластичной, чтобы данные можно было представлять графически и видоизменять для выявления в них структур, имеющих важное значение. Например, высота над уровнем моря заданных точек ландшафта извлекается аэрофото-съемщиками и топографами из бесконечного множества данных, которые можно было бы измерить, если бы требовалось полностью охарактеризовать каждую точку данного участка земной поверхности. Эти данные преобразуются в элементы гибкой промежуточной среды в виде

пространственных координат (т. е. углов, расстояний, значений широты и долготы), которые могут затем накапливаться и храниться вне связи с самим ландшафтом и могут по желанию перекомпоновываться для выделения наиболее важных аспектов исходного ландшафта.

3. Сокращение данных и составляет этот второй этап перекомпоновки, переупорядочивания записанных данных с целью выявления предполагаемых важных схем, или "паттернов". В данном случае такими схемами могут быть контурные карты, перспективные изображения, поперечные разрезы, вычисления уклонов, объемные модели и т.п., получаемые в результате отображения данных в новые структуры. Термин *свертывание* или *редуцирование* означает выбор существенно важной информации из множества накопленных данных (например, максимальной высоты возвышенностей) или сведение множества данных к меньшему их числу, адекватно представляющему целое (например, представление возвышенностей системой горизонталей). Этот вопрос более подробно рассматривается в разд. 12.2.

4. Сформулируем два важных вопроса, касающихся накопления и свертывания данных:

- а) Какие данные накапливать?
- б) Как их "свертывать"?

В обоих случаях приходится решать, какими частями общей весьма сложной картины следует пренебречь, так как никогда не хватает времени, чтобы ее детально и полностью изучить. При ответе на первый вопрос стараются выделить из структуры или схемы, характеризующей реальную обстановку, те данные, которые, как надеются, являются определяющими. Отвечая на второй вопрос, решают, каким образом перегруппировать изъятые из контекста данные (*деструкция данных*) и как их представить в виде новой схемы (*конструкция*), которая верно отражала бы реальный мир, отвечала бы проектируемому объекту, который должен быть добавлен к этому миру, и позволяла бы проектировщику сразу охватить взглядом как общую форму ре-

зультирующей схемы, так и ее существенные аспекты (инструкция проектировщика). Этот процесс выявления схемы ("модели", или "паттерна") является концентрическим и неизбежно будет несовершенным, если у проектировщика после оценки первоначальных результатов не будет достаточно времени для изменения своих решений относительно того, какие данные следует накапливать и как их свертывать.

Следует помнить, что накопление и свертывание данных — это замедленный вариант объективирования того, что почти мгновенно проходит перед нашим взором. Аппарат научного накопления и свертывания данных представляет собой искусственно созданное средство, позволяющее преобразовать невидимое в форму, доступную восприятию с помощью естественных органов чувств. Обычно это средство является настолько сложным и медленно действующим, что его можно сравнить с попытками внезапно ослепшего человека найти дорогу с помощью одной только палки. Навыки в накоплении данных сходны с навыками опытного слепого, когда он решает, куда ткнуть своей палкой. Навыки же в свертывании данных сродни способности слепого человека мысленно конструировать связную картину внешнего мира по тем отрывочным данным, которые он получает, пользуясь своей палкой.

Вполне вероятно, что широкое использование ЭВМ, работающих в реальном масштабе времени, благодаря чему проектировщики могут активно вмешиваться в процесс свертывания данных, позволит ускорить и удешевить его настолько, что он станет столь же гибким, как и непосредственное чувственное восприятие человека. Пока же нам приходится полагаться на смекалку и здравый смысл при поиске кратких обходных путей взамен чрезвычайно длительных и дорогостоящих путей восприятия новых аспектов мира в виде фрагментарных и "замедленных" образов, получаемых с помощью интервью и записей, при помощи фотоаппарата и кинокамеры, самописцев, счетных машин, анкет, графов, гистограмм, цифровых индексов и т.п. Конечно, имеется множество свидетельств — от простых опытов Галилея до сложнейших космических по-

летов, — что косвенными методами можно вполне успешно изучать неизвестное, однако это возможно, лишь если мы согласны мириться с ошибками, ограничениями и задержками, с которыми неизбежно связано применение таких искусственных органов чувств.

Применение

Накопление и свертывание данных, недоступных непосредственному восприятию, применяются в тех случаях, когда местонахождение, физический объем и временной масштаб ситуации проектирования далеки от того, что проектировщики способны охватить, опираясь на свою память или непосредственное чувственное восприятие; примерами могут служить *отдаленные* потребители, *крупные* транспортные системы, распространение *малых* трещин, *медленно* растущий поселок или *быстрые* действия квалифицированных операторов. Часто бывает целесообразно сначала использовать все возможности неизбирательной записи данных (которая дешевле, быстрее и более гибка) и только после этого обратиться к избирательному механическому накоплению и статистической обработке данных.

Обучение

Маловероятно, чтобы отдельный специалист или даже целая проектная группа располагали всеми необходимыми знаниями для успешного выполнения операций описанного здесь процесса накопления и свертывания данных. Важно, чтобы проектировщики научились распознавать, во-первых, когда им требуется помощь соответствующего специалиста, во-вторых, как найти соответствующего специалиста и, в-третьих, как убедиться в том, что рекомендуемое или выполненное экспертами точно соответствует неопределенностям проекта, которые следует устранить. Один из путей осуществления этого состоит в постоянной проверке и перепроверке вопросов, указанных в пп. 1–6 (см. план действий). Кроме того, следует привлекать только тех специалистов, которые могут и хотят участвовать в постоянном и открытом обсуждении степени соответствия способов сбора и обработки данных целям проектиров-

Тип накопления данных	Стоимость планирования	Стоимость анализа
Неизбирательный (категория AB)	Низкая	Высокая
Избирательный (категория CD)	Высокая	Низкая

щиков. Лучше обойтись совсем без каких-либо данных, чем потерять контроль над процессом их обработки, прибегнув к услугам специалистов, которые не могут доказать соответствие своих действий поставленным задачам.

Стоимость и время

Здесь невозможно привести какие-либо цифры, но потенциальные исследователи должны иметь в виду, что сбор данных – это длительный и дорогостоящий процесс, который к тому же может привести к практически бесполезным результатам. Есть смысл затратить, скажем, 20% времени и средств на предварительные исследования и быструю обработку результатов, чтобы направить поиск в нужном направлении или вовсе приостановить его, как только станет ясно, что собран-

ные данные не окажут влияния на критические проектные решения; иначе говоря, убытки от незнания должны превышать затраты на приобретение знаний.

Эта таблица дает примерное представление о том, по каким критериям можно выбирать методы накопления и свертывания данных. Отношение между высокой и низкой стоимостями может быть достаточно велико, например стоимость анализа неизбирательной звукозаписи на пленку может в 10–100 раз превышать стоимость планирования и самой записи.

Библиография

Чапанис [92], Робинс [97], Зигель [88].

Метод

10.1. Мозговая атака

10.2. Синектика

10.3. Ликвидация тупиковых ситуаций

10.4. Морфологические карты

Цель

Стимулировать группу лиц к быстрому генерированию большого количества идей

Направить спонтанную деятельность мозга и нервной системы на исследование и преобразование проектной проблемы

Найти новые направления поиска, если очевидная область поиска не дала приемлемого решения

Расширить область поиска решений проектной проблемы

Глава 10

Методы поиска идей (дивергенция и трансформация)

10.1. Мозговая атака

Цель

Стимулировать группу лиц к быстрому генерированию большого количества идей.

План действий

1. Отобрать группу лиц для генерации идей.
2. Ввести правило, запрещающее критиковать любую идею, какой-бы "дикой" она ни казалась, и довести до сознания участников, что приветствуются любые идеи, что необходимо получить много идей и что участники должны попытаться комбинировать или усовершенствовать идеи, предложенные другими.
3. Зафиксировать выдвинутые идеи и дать им затем оценку.

Пример

В результате подобного совещания строителей и архитекторов, посещавших курсы повышения квалификации, были получены идеи по совершенствованию строительного башенного крана. Присутствующих разделили на четыре группы и дали им 10 мин на то, чтобы они записали свои идеи самостоятельно на карточках, а затем зачитали их вслух. Каждый по очереди зачитывал одну из своих идей, а остальные слушали и записывали на карточках возникшие под влиянием услышанного мысли.

Типичные результаты мозговой атаки

Ниже приводятся некоторые идеи, выбранные наугад из 184 карточек, заполненных в ходе такой мозговой атаки:

1. Почему необходимо усовершенствование?
2. Использовать вертолет.
3. Мобильное подъемное устройство для обслуживания нескольких строительных площадок.
4. Более широкое поле деятельности без отказов оборудования.
5. Сдвоить кран и отказаться от реверсирования.
6. Многоскоростной кран.
7. Увеличить скорость подъема груза.
8. Лучше обучать крановщиков, так как на строительной площадке все зависит от их мастерства.
9. Управление по радио людьми, отправляющими и принимающими груз.
10. Снизить цену вдвое.

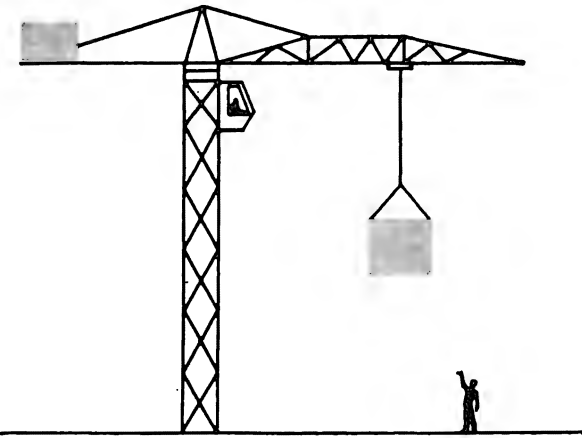
Классификация результатов

Комплект карточек был расклассифицирован по методу разд. 11.8 в соответствии с категориями, представленными на рис. 10.1.

Толщина линий пропорциональна числу карточек в каждой категории и группе. Эта схема (структура проблемы) дает представление об области поиска и о наиболее перспективных *линиях атаки*.

Замечания

Указанная методика представляет собой один из вариантов "мозговой атаки" (или "мозгового штурма") в чистом виде, описанной Осборном [22] в его книге, посвященной этому вопросу. Правила ее проведения, предложенные Осборном, сохранены, а рекомендации относительно количества участников и других подробностей оставлены без внима-



ния, чтобы не терять время (быстрота — важнейший фактор мозговой атаки) на подбор "идеальной" группы лиц, создание психологической атмосферы и т.д. Предоставление добавочного времени для записи идей позволяет избежать риска задержек или неудач в тех случаях, когда члены группы еще не доверяют друг другу настолько, чтобы высказываться откровенно. К тому же запись идей на карточках значительно сокращает время, необходимое для классификации результатов.

Утверждают, что мозговая атака повышает как качество, так и количество идей. Тэйлор, Берри и Блок [98] провели тщательно контролируемый эксперимент, который заставляет усомниться в качестве идей. Осборн же утверждает, что вероятность натолкнуться на хорошую идею среди большой их выборки увеличивается, но в то же время предполагает, что время, затраченное на по-

лучение определенной идеи, не оказывает влияния на ее качество. Наиболее разумный подход к мозговой атаке состоит в том, чтобы рассматривать ее как чрезвычайно быстрый способ генерирования необходимого разнообразия идей, которое может послужить основой для серьезного поиска решения. Непосредственно ценным выходом мозговой атаки являются не сами идеи, а *категории*, на которые они разбиваются в процессе классификации (разд. 11.8). Выявление практически осуществимых идей из большого случайного множества возможно лишь после того, как проектная ситуация будет достаточно подробно исследована.

Применение

Методом мозговой атаки можно рассматривать любую проблему, если она достаточно просто и ясно сформулирована. Этот метод можно использовать на любой стадии проектирования, как в начале, когда проблема еще окончательно не определена, так и позднее, когда уже выделены сложные подпроблемы. Его можно также использовать для генерирования *информации*, а не идей, т.е. для выяснения источников информации или формулирования вопросов анкеты. Из общей схемы, изображенной в табл. 6.1, видно, что метод мозговой атаки используется чаще любого другого метода.

Обучение

Люди, никогда ранее не принимавшие участия в мозговой атаке, могут удачно выступить при первой же попытке и хуже при дальнейших подходах к той же проблеме. Мозговая атака требует от каждого ее участника солидного опыта в рассматриваемой области и умения использовать его в нужный момент.

Стоимость и время

Шесть человек могут за полчаса выдвинуть 150 идей. Бригада проектировщиков, работающая обычными методами, никогда не пришла бы к мысли о том, что рассматриваемая ею проблема имеет такое разнообразие аспектов.

Библиография

Осборн [22], Тейлор, Берри и Блок [98].

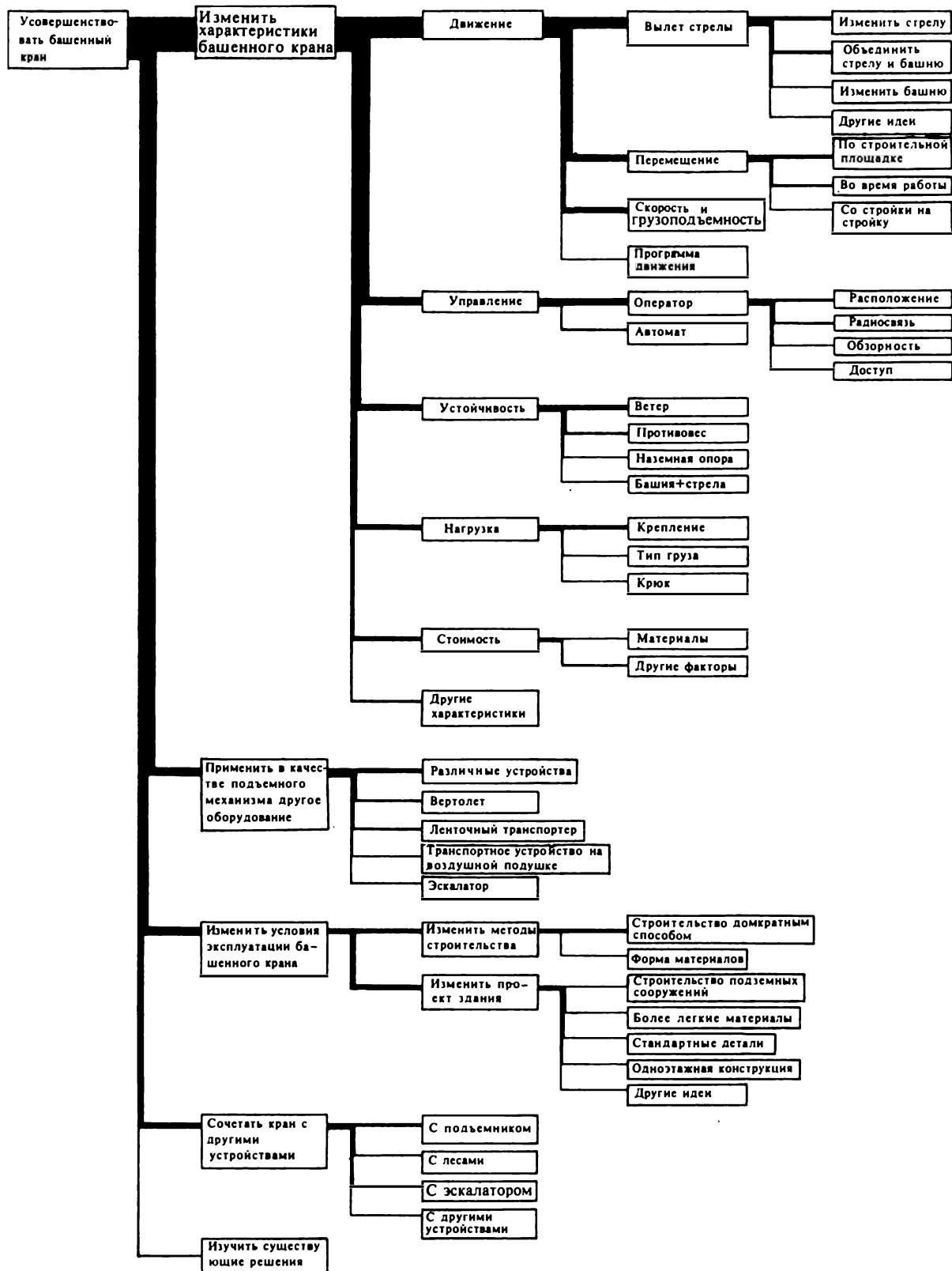


Рис. 10.1

10.2. Синектика

Цель

Направить спонтанную деятельность мозга и нервной системы на исследование и преобразование проектной проблемы.

План действий

1. Тщательно подобрать группу специалистов в качестве самостоятельного "отдела разработок".
2. Предоставить этой группе возможность попрактиковаться в использовании аналогий для ориентирования спонтанной активности мозга и нервной системы на решение предложенной проблемы.
3. Передать группе сложные проблемы, которые не может решить основная организация, и предоставить ей достаточное время для их решения.
4. Представить результаты работы группы основной организации для оценки и внедрения.

Пример

1. Тщательно подобрать группу специалистов в качестве самостоятельного "отдела разработок".

Группа синектики должна состоять из двух-трех приглашенных со стороны специалистов, представляющих разные профессии или научные дисциплины (в частности, биологию), и, скажем, трех работников различных отделов основной организации. Критериями отбора специалистов для этой группы служат гибкость их мышления, диапазон знаний и практического опыта (предпочтительнее специалисты, менявшие свои профессии или специальности), возраст (от 25 до 40 лет) и контрастность психологических типов. Выбору предшествует длительное наблюдение за поведением в разговорах, за движениями тела и за способностью включиться в работу уже имеющихся синектических групп. Новой группе предоставляются отдельные помещения, выделяются средства и оснащается мастерская, в которой члены группы могут изготавливать собственные прототипы изделий.

2. Предоставить этой группе возможность попрактиковаться в использовании аналогий для ориентирования спонтанной активности мозга и нервной системы на решение предложенной проблемы.

Группа синектики использует обсуждение аналогии в качестве средства для ориентирования своего спонтанного мышления на поставленную проблему. При этом используются аналогии четырех типов:

а) *Прямые аналогии.* Их часто находят в биологических системах, решающих сходные проблемы; например, утверждается, что наблюдение Брюнеля за червем-древоточцем, образующим трубчатый канал, когда он пробуравливает древесину, навело этого исследователя на мысль о кессонном методе строительства подводных сооружений.

б) *Субъективные аналогии.* Конструктор старается представить себе, как можно было бы использовать свое собственное тело для достижения искомого результата; например, что он сам почувствовал бы, если выполнял бы функцию лопасти винта вертолета, какие силы воздействовали бы на него со стороны воздушного потока и со стороны втулки; что он испытывал бы, если бы "был кроватью"?

в) *Символические аналогии.* Это поэтические метафоры и сравнения, в которых характеристики одного предмета отождествляются с характеристиками другого, например *устье реки, головка молотка, дерево решений, заглушить вибрацию, подавить сопротивление.*

г) *Фантастические аналогии.* Представить себе вещи такими, какими они не являются, но какими мы хотели бы их видеть; например, хотелось бы иметь маленького "человечка" для набора телефонного номера; хотелось бы, чтобы дорога существовала лишь там, где ее касаются колеса нашего автомобиля.

То, что эти четыре типа аналогий действительно фундаментальны и охватывают мысли и опыт людей, станет более очевидным, если ввести следующую классификацию:

прямые — реальные,
фантастические — нереальные,
субъективные — телесные,
символические — абстрактные.

Членов группы приучают преодолевать свою боязнь раскрыть друг перед другом глубоко личные мысли, для чего их заставляют наблюдать за тем, как работают опытные "синекторы", и следовать их примеру. Чтобы научить членов группы распознавать признаки приближения к решению, ведущему ко всеобщему удовлетворению и душевному подъему, используются записи на магнитную ленту. Последовательность решения проблемы такова:

а) *Проблема, как она задана*, — формулировка проблемы, данная основной организацией.

б) *Очищение от очевидных решений* — дискуссия, в ходе которой члены группы выясняют свои взгляды на очевидные решения, которые едва ли дадут нечто большее, чем простое сочетание существующих решений (этот этап напоминает мозговую атаку).

в) *Превращение необычного в привычное* — поиск аналогий, позволяющих выразить "заданную проблему" в терминах, хорошо знакомых членам группы по опыту их работы.

В попытке проникнуть в суть проблемы и распутать клубок предположений и рассуждений, в которых запрягано решение, допускается игнорирование физических законов и соглашений (например: "Вы хотите сказать, что вам нужна антигравитационная машина").

г) *Проблема, как она понята*, — определяются главные трудности и противоречия, препятствующие решению проблемы.

д) *Наводящие вопросы* — председательствующий предлагает дать решение, пользуясь одним из типов аналогии. Члены группы в свободной манере проигрывают каждый наводящий вопрос. Если аналогии становятся слишком абстрактными, дискуссия направляется в русло "проблемы, как она понята". Когда появляется перспективная идея, ее развивают словесно до того момента, когда члены группы смогут изготовить и опробовать грубые прототипы устройства. Аналогии используются для того, чтобы "превратить привычное в необычное". Такое преобразование значительно повышает степень мысленной реконструкции известных из прошлого опыта ситуаций в

формах, совместимых с заданной проблемой. Члены группы испытывают большой душевный подъем, когда достигается решение проблемы, но после этого ощущают физическое изнеможение.

3. Передать группе сложные проблемы, которые не может решить основная организация, и предоставить ей достаточное время для их решения.

До настоящего времени синектика использовалась для решения конкретных проблем разработки изделий, например: "найти более простой принцип устройства приводов с постоянной угловой скоростью вращения вала", "спроектировать усовершенствованный нож для открывания консервных банок" или "изобрести более прочную крышу". Метод использовался также для решения более крупных проблем, например: "разработать новый вид продукции с годовым потенциалом продаж 300 млн. долларов". Результаты решения подобных задач оказались нетривиальными и в то же время приемлемыми для заказчика.

Новое направление — применение синектики для решения социальных и административных проблем, например: "как распределить государственные средства в области градостроительства". Неизвестно, окажется ли успешным применение данного метода на этом более отвлеченном уровне.

С разрешения издателей ниже приводится пример дискуссии по методу синектики, описанный Гордоном [23].

Проблема — разработка герметичной застежки для костюма космонавта. Был предложен следующий наводящий вопрос: "как бы мы, дав волю самой необузданной фантазии, хотели бы, чтобы работала такая застежка?"

Г. Ну, хорошо. Теперь нам надо совершенно непредвзято взглянуть на всю эту путаницу. Найти что ли совсем сумасбродную точку зрения ... совершенно новое пространство со своей особой точкой зрения!

Т. Представим себе, что едва вы захотели застегнуть костюм, он мгновенно застегнулся бы, повинаясь вашему желанию... (механизм фантастической аналогии).

Г. Желание привело бы к тому, что...

Ф. Тсс ... хорошо. Стало быть, исполнение желаний. Детская мечта ... Стоит вам захотеть, чтобы он застегнулся, и невидимые микро-

- бы, работающие на вас, скрестят свои лапки над отверстием и накрепко *затянут* его ...
- В. Молния – это своего рода механический жук (механизм прямой аналогии). Но она не герметична ... и недостаточно прочна ...
- Г. Как нам построить психологическую модель "желания, чтобы оно застегнулось"?
- Р. Что вы имеете в виду?
- Б. Он хочет сказать, что если бы нам удалось представить себе, как "желание, чтобы оно застегнулось" могло бы быть реализовано в виде действующей модели, то мы ...
- Р. Нам осталось два дня, чтобы изготовить действующую модель, а вы, друзья, развели тут болтовню на уровне детских мечтаний! Составим список всех возможных способов закрывать отверстия.
- Ф. Ненавижу списки. Это заставляет меня вспомнить свое детство и как меня посылали в бакалейную лавку.
- Р. Послушайте, Ф., я мог бы понять вашу реплику, если бы у нас было время, но сейчас, при этих жестких сроках... а вы все еще болтаете об исполнении желаний.
- Г. Все самые сумасбродные решения в мире введены в рациональное русло только благодаря жестким срокам.
- Т. Может быть, с помощью обученных насекомых?
- Д. Что?
- В. Вы имеете в виду обучить насекомых застегивать и расстегивать костюм по приказу? Раз, два, три – открыть! Раз, два, три – закрыть!
- Ф. Надо иметь два ряда насекомых, по одному на каждой стороне, и по приказу "закрыть" все они скрещивают лапки, или клешни, или когти... ну, что там у них есть... и отверстие плотно закрывается...
- Г. Я уже чувствую себя насекомым Морской пограничной охраны (механизм субъективной аналогии).
- Д. Не обращайтесь на меня внимания. Продолжайте...
- Г. Вы знаете рассказ... сильный шторм на море зимой – корабль разбивается о скалы... использовать спасательные шлюпки невозможно... какой-то беспокойный герой хватается зубами за веревку и выплывает...
- В. Я вас понял. У вас насекомое бежит взад и вперед по отверстию, манипулируя крошечными задвижками...
- Г. А я ищу демона, чтобы он закрывал за меня отверстие, когда мне этого захочется (механизм фантастической аналогии). А ну-ка, быстро! Готово!
- Б. Найти бы насекомое – и оно сделает это за тебя.

- Р. Если бы использовать паука... он мог бы сплести нить и зашить зазор (прямая аналогия).
- Т. Паук плетет нить паутины... отдает ее мухе... Маленькие дырочки по бокам... муха влетает и вылетает в эти дырочки и закрывает при этом зазор...
- Г. Прекрасно. Но у этих насекомых очень малы усилия. И когда в Армии начнут испытывать это устройство, они зажмут каждую кромку в тисках шириной в дюйм и будут тянуть ее с силой 150 фунтов... И вашим идиотским насекомым придется тянуть за собой стальную проволоку, чтобы... Они должны делать стальные стежки. *Сталь* (механизм символической аналогии).
- Б. Я вижу способ, как это сделать. Пример с насекомым, протягивающим нить в отверстие... Это можно осуществить механически... Вместо насекомого... отверстия надо расположить вот так... и вот так закручивать пружину... вдоль всего проклятого стыка... закручивать, закручивать, закручивать... Нет, к дьяволу! На это потребуется несколько часов! И вовсе вывернешь руку к чертям!
- Г. Не отчаивайтесь. Может быть, есть и другой путь сшивания стальной...
- Б. Слушайте... Я вижу другой способ... Эта пружина, которую вы предлагаете... Давайте возьмем две такие пружины... предположим, у нас есть такой длиннющий демон, который силой прокладывает себе путь... вот так...
- Р. Я вижу, куда он клонит...
- Б. И если этим длинным верзилой-демоном будет проволока, то ее можно направить так, чтобы она при своем движении все крепко стянула... пружины сойдутся, закрывая зазор... Проволоку надо тянуть вверх... тянуть... и она стянет края резинового стыка... Пружины надо погрузить в резину... и тогда стык окажется сшитым стальной проволокой (рис. 10.2).

На решение проблемы по методу синектики требуется время порядка нескольких недель при полном рабочем дне. При этом часть времени уходит на дискуссии, а часть – на выполнение практических работ.

4. Представить результаты работы группы основной организации для оценки и внедрения.

Результаты работы группы представляют в виде приемлемого опытного образца, сопровождая его планами производства, сбыта и т.д. Эти планы подготавливаются

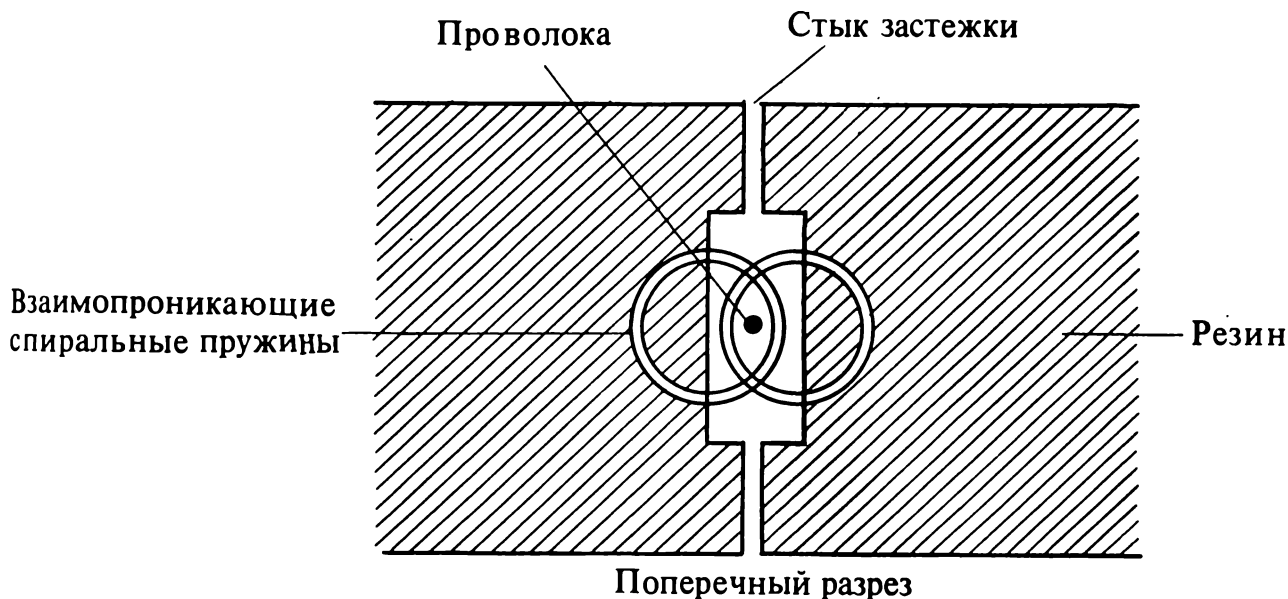


Рис. 10.2

членами синектической группы, выступающими в необычной для себя роли; так, например, если в группе есть специалист по сбыту, он должен составлять производственный план, биолог — план по сбыту и т.д.

Замечания

Создание группы синектики позволяет обойти препятствия, стоящие на пути возникновения изобретений в недрах существующей организации. К таким препятствиям относятся:

- а) косность мысли и поведения лиц, ответственных за внесение изменений;
- б) задержки, препятствующие реализации нововведений по мере появления идей и тем самым вовсе исключающие их;
- в) недостаток времени для спокойного обдумывания и обсуждения;
- г) неспособность стимулировать спонтанное мышление при появлении проблем, не имеющих традиционного решения.

Этот метод позволил получить результаты, которые были высоко оценены ведущими проектными организациями США (например, компанией "Артур Г. Литтл"). Как указывает автор метода синектики Гордон, члены вновь создаваемых групп иногда испытывают сле-

дующие затруднения:

- а) угрызения совести в связи с тем, что получают деньги за столь приятное времяпрепровождение;
- б) зазнайство после удачного решения первой проблемы.

Угрызения совести проходят, когда группа видит, что основная организация принимает их идеи; хорошим средством от зазнайства может служить попытка решения очередной проблемы без помощи опытных синекторов. Аналогии, используемые в синектике, могут рассматриваться как метаязык, с помощью которого можно обсуждать не только структуру проблемы и модели альтернативных решений, но также и сопоставимые структуры в окружающей действительности, в языке и в функциях человеческого организма. Спонтанное мышление, которое синектика пытается стимулировать, может рассматриваться как результат активности мозговой и нервной систем нескольких человек, работающих по типу универсальных аналоговых вычислительных машин, способных исследовать и сопоставлять различные модели. Аналогии можно рассматривать как средства для смещения процесса исследования структуры проблемы с уровня осознанного мышления на уровень спонтанной активности мозга и нервной системы. Приятное чувство уверенности

в том, что находишься на верном пути, которое вырабатывается у синекторов, можно рассматривать как внезапный спад умственной активности в момент, когда на одном и том же участке нервных сетей мозга отражаются две сопоставимые структуры (Ньюмен [24]). Это является сигналом к подкреплению определенного решения новыми аналогиями, связанными с соответствующими проблемами. Акцент на биологические и телесные аналогии, ощущение душевного подъема, к которому сознательно стремятся члены группы, и следующее за этим чувство физического изнеможения дают основание предполагать, что поиском соответствия между проблемой и ее решением управляют те же части нервной системы, которые ведают сексуальной активностью человека¹⁾.

Применение

Синектика может быть использована только на промежуточных этапах проектирования, т.е. для исследования проблемы, реальность которой уже была *предварительно доказана*, и для получения решения, которое *будет внедряться другими людьми*. Для этого процесса почти или совсем не требуется данных о проектной ситуации, поэтому он не может быть эффективен для выявления проблем или для приведения проектных решений в соответствие с проектной ситуацией. Задача синектики состоит в том, чтобы выявить *общее* решение некоторой проблемы в том смысле, как спиральная жила является общим решением проблемы сшивания краев. Синектическая группа не располагает данными, которые позволили бы ей судить о целесообразности изготовления сшивающего устройства, или данными исследований по определению углов и размеров жил для конкретных типов соединений и конкретных материалов. Этот метод имеет своей целью ликвидировать серьезные несоответствия во *внутренней структуре* существующих решений, направленных на удовлетворение некоторой осознанной потребности.

Обучение

Авторы этого метода убеждены в том, что для его успеха необходимо, чтобы в группе не было косо мыслящих лиц и были тщательно уравновешены опыт и индивидуальные особенности членов группы. Примерно после годичного периода, в течение которого часть рабочего времени отводится на обучение и тренировку, группа сможет далее работать самостоятельно, успешно преодолевая инерцию основной организации. Большинство синекторов прекращают эту деятельность после нескольких лет работы, возможно, потому, что она оказывает разрушающее влияние на их нервную систему.

Сказанное не должно отпугнуть энтузиастов от того, чтобы попробовать свои силы в этом методе даже при отсутствии опытного руководителя, однако из изложенного вытекает, что добиться успеха здесь будет не так легко и имеется риск нанести ущерб психике. Вероятно, наилучший способ уменьшить этот риск состоит в том, чтобы запретить *обсуждение достоинств и недостатков членов группы*. Первые синекторы приложили много усилий к тому, чтобы не огорчать людей, которые оказались неспособными к работе в такой группе. Участники должны иметь право прекращать работу без каких-либо объяснений, как только они почувствуют потребность в отдыхе (см. разд. 8.2).

Гордон сообщает, что синектика дает хорошие результаты при наличии сильного руководителя, а также при неогороженной заранее многократной смене руководителей в зависимости от рассматриваемой проблемы. Как правило, принято приглашать опытных специалистов для помощи в оценке практической осуществимости предложенных идей.

(Консультациями и обучением в области синектики занимается фирма "Синектикс инкорпорейтед", Черт-стрит, Гарвард-сквер, Кэмбридж, шт. Массачусетс, США.)

Стоимость и время

В течение года 5 или 6 человек должны затратить $\frac{1}{4}$ своего рабочего времени на обучение. К этому следует добавить время на консультации со специалистами

1) См. предисловие к русскому изданию, с. 13 — *Прим. ред.*

ми. Группа обученных синекторов, работающих полный рабочий день, способна в течение года найти приемлемые решения примерно четырех небольших и двух крупных проблем. Если это важные для существования организации проблемы и если предложенные решения приемлемы для фирмы и заказчика, стоимость работы группы можно считать небольшой.

Библиография

Бродбент [17, 18], Гордон [23], Ньюмен [24].

10.3. Ликвидация тупиковых ситуаций

Цель

Найти новые направления поиска, если очевидная область поиска не дала приемлемого решения.

План действий

В литературе, посвященной анализу творческой деятельности, приводится ряд способов изменения подхода к решению проблемы, когда работа зашла в тупик. Эти способы не соответствуют последовательной методике, но их можно разделить на несколько типов, каждый из которых может оказаться достаточным для ликвидации тупиковой ситуации:

1. Правила преобразований, которым можно подвергнуть имеющееся неудовлетворительное решение или какие-либо его части.
2. Поиск новых взаимосвязей между частями имеющегося неудовлетворительного решения.
3. Переоценка проектной ситуации.

Примеры

Ниже приводятся некоторые из наиболее полезных способов.

1. Правила преобразований, которым можно подвергнуть имеющееся неудовлетворительное решение или какие-либо его части.

Осборн [22] указывает следующие возможные преобразования:

- использовать по-другому;
- приспособить;
- модифицировать;
- усилить;
- ослабить;
- заменить;
- перекомпоновать;
- обратить;
- объединить.

Бродбент [17, 18] указывает, что классификационная схема, на которой основан "Тезаурус" Роже [99], является богатым источником сопоставлений групп таких отвлеченных понятий, как "существование", "отношение", "количество", "порядок", "число", "время", "изменение" и "причинность". Если перед проектировщиком стоит проблема предотвратить образование луж на тротуарах вокруг зданий во время сильных ливней, он может сразу не додуматься до приемлемого решения. Тогда он сможет взять за основу такой заведомо непригодный способ, как дожидаться естественного испарения воды из луж, и посмотреть, какие синонимы к слову "испариться" имеются в тезаурусе. Он найдет следующие выражения:

- исчезнуть;
- скрыться;
- улетучиться;
- выветриться;
- рассосаться;
- и т.д.,

что сразу же натолкнет на целый ряд возможных решений общей проблемы; например, выражение "скрыться" может навести на мысль о перфорированном или решетчатом настиле, "улетучиться" — на мысль об отсасывании воды с помощью очистной машины, а "рассосаться" — на мысль об использовании пористого покрытия.

2. Поиск новых взаимосвязей между частями имеющегося неудовлетворительного решения.

В этих методах используется матрица для исследования того, какое влияние оказывает связь каждой части проекта со всеми остальными его частями или с другими аспектами проблемы. Кроуфорд [100] пользуется термином "перечень признаков" для систематического поиска вариантов каждого из основных

свойств проекта, например альтернативное решение для деревянной рукоятки, стального хвостовика инструмента и клиновидного конца отвертки. В разд. 10.4 делается еще один шаг в направлении абстрагирования и увеличения разнообразия.

Уайтинг [101] разработал метод так называемых "принудительных отношений", по которому осуществляется поиск мысленных ассоциаций путем попарного сопоставления всех элементов некоторого комплекса. Стремясь, например, усовершенствовать телефонный аппарат, дизайнер может последовательно сопоставить взаимные отношения в парах: трубка и наборный диск, микрофон и наушник, шнур и наборный диск, аппарат и столик, рычаг и наушник и т.д. При этом он каждый раз должен анализировать варианты сочетания двух элементов, установки одного в другом, перемены их местами и т.п.

3. Переоценка проектной ситуации.

Аналогичную методику можно использовать и применительно к проблемам, а не только к их решениям. Одна из них описана автором [73] и воспроизводится здесь с разрешения издательства "Пергамон Пресс". Поставленный в тупик проектировщик пишет предложение, характеризующее его затруднения, и заменяет в нем каждое слово его синонимом, например:

Предложение, описывающее возникшее затруднение:

"Допуски при обработке вызовут несовмещение двух поверхностей".

Синонимические понятия:

Заменить слова "допуски при обработке" словами "неровности сварочного шва". Это наводит на мысль о замене сварки другим процессом.

Заменить слово "несовмещение" словом "зазор". Это наводит на мысль о необходимости предусмотреть специальный зазор.

Заменить слова "две поверхности" словами "прилегающие друг к другу поверхности". Это наводит на мысль о необходимости разъединить эти поверхности и предусмотреть прокладку между ними.

Заменить слово "поверхности" словом "плоскости". Это наводит на мысль о возможности изготовления неплоских поверхностей.

Другой метод — "почему—зачем—отчего?" — является частью метода, изложенного в разд. 11.4.

Были предложены и следующие способы: во-первых, записать условия, позволяющие реализовать решение, и, во-вторых, записать последствия, которые возникнут при отсутствии решения. Условия, необходимые для решения, могут оказаться под контролем проектировщика, последствия же отказа от решения проблемы могут стать допустимыми или устранимыми в случае решения более простой проблемы.

Возможно, самым надежным способом выйти из затруднения является следование совету Мэтчетта (разд. 8.2) — неоднократно возвращаться к "первичной функциональной потребности" (которая обязательно *должна* быть удовлетворена, чтобы проект вообще был принят). В большинстве случаев проектировщик не забывает о том, что он сам волен выбирать подпроблемы и что он может удовлетворить "первичную функциональную потребность", используя совершенно разные наборы промежуточных проблем, если он изменит свой подход к главной проблеме. Например, если при проектировании подводного туннеля большой протяженности проектировщик сталкивается с проблемой отвода выхлопных газов, он должен помнить, что "первичной функциональной потребностью" является прохождение автомобилей под водой на заданной скорости. Он вовсе не обязан придерживаться того, чтобы перемещение автомобилей происходило только с помощью собственного двигателя, и может избежать отравления пассажиров выхлопными газами, предусмотрев использование бездымных источников энергии. Именно этот способ принят для туннеля под Ла-Маншем, в котором автомобили будут транспортироваться на платформах электропоездов. Такое промежуточное решение позволяет также избежать весьма вероятных заторов, которые могли бы возникнуть при случайной поломке любого из нескольких

тысяч автомобилей, находящихся одновременно в туннеле.

Поскольку многие из описанных в литературе методов ликвидации тупиковых ситуаций лишь незначительно различаются между собой и поскольку выбранное средство, стимулирующее мыслительный процесс, может оказаться не хуже любого другого, выше было рассмотрено лишь несколько примеров. Имеется целый ряд альтернативных средств, предлагаемых, например, Мэтчеттом (разд. 8.2) или Осборном [22]. Грегори [102] свел многие из этих методов в два перечня (которые здесь воспроизводятся с разрешения автора и Института инженеров-химиков).

Перечень 1: Наводящие вопросы

Экономические:

Принцип Парето: рассмотреть основной элемент стоимости; "бритва Оккама". Оптимизировать прибыль. Выполнить оптимизацию в соответствии с диапазоном возможностей, например уменьшить капиталовложения до минимума, предусмотреть наименьший объем разработок и т.д. Обобщить преимущества.

Смысловые:

Можем ли мы написать книгу? монографию? доклад?

Практические:

Что мы получим, занимаясь этим?

Технические:

Что надо знать, чтобы спроектировать завод?

Расширение технических возможностей:

Что произойдет при предельных условиях? Повысится или понизится температура? Повысится или понизится давление? Повысится или понизится концентрация? Повысится или понизится содержание примесей?

Использование достижений других дисциплин:

Какие новые средства или методы можно применить? Какие идеи можно найти в других исследованиях?

Оценка тенденций:

На что указывают годовые обзоры? Какие значительные изменения произошли в США, ФРГ и т.д.? Какие идеи можно извлечь из тенденций экономического развития на последующие 5 лет? 10 лет? Какие выводы можно извлечь из истории предмета?

Новые системы отсчета:

Что произойдет, если изменится экономическая картина? Политическая картина? Если бы я имел полную свободу действий, как бы я поступил с данной отраслью промышленности?

Как бы я изменил внутренние границы этого предмета?

Как бы я изменил внешние границы этого предмета?

Какие новые концепции достойны дальнейшей разработки?

Какие изменения в моих личных качествах повлияли бы на мое мышление и каким образом?

Так ли стабильны внешние условия, как кажется?

Что бы я сделал, если бы был молекулой?

Если бы был конкурентом? Если бы жил в 2000 г.? Имея 1 тыс. фунтов стерлингов, что я сделал бы для получения наиболее значительного результата?

А если бы мне дали 10 тыс.ф.ст.? 100 тыс.ф.ст.?

Какая техническая идея будет модна через 5 лет? 10 лет?

Перечень 2: Рекомендации по решению проблемы

Разделить на части и выделить основную проблему. Если возможно, использовать методики.

Предположить, что проблема решена, и идти от последствий назад к основной структуре.

Испробовать каждую логическую методику.

Испробовать каждую очевидную методику.

Использовать топологический метод для изменения структуры, например усилить, ослабить или "телескопически раздвинуть".

Использовать метод аналогии, т.е. какую-то физическую модель:

- 1) рассмотреть биологические системы;
- 2) изучить возможные метафоры;

3) обойти универсальный магазин, большой магазин скобяных изделий и т.д.

Найти возможные алгоритмы, т.е. модель для облегчения вычислений. Она может быть простой, скажем в виде графика в дважды логарифмическом масштабе, или потребовать сложных вычислений на ЭВМ.

Сделать "дикие", или произвольные, предположения.

Взять правдоподобное, но заведомо неправильное решение и предложить специалистам раскритиковать его.

Взять невозможное решение и попросить раскритиковать его.

Использовать систему отрицания, при которой игрок дает противнику выиграть, однако при таких обстоятельствах, что обе стороны достигают своей цели.

Отрицать, что проблема вообще существует.

Оставить на время работу и предаться какому-либо особенно приятному занятию. Но это следует делать только после того, как из всех остальных способов выжато все до предела.

Предложить как можно больше решений. К этому надо стремиться во всех ситуациях. Многообразие решений может дать возможность выявить среди них одно удачное; оно может указать также возможные подходы конкурентов и наметить способы защиты от них.

Замечания

Некоторых проектировщиков мысль об использовании этих "вспомогательных орудий творчества" может увлечь, у других же она вызовет отвращение. Однако и последние, столкнувшись с настоящими трудностями, могут найти эти методы приемлемыми для себя. Когда детали предпочтительного решения сами собой не выявляются, способность заглядывать вперед ничего не дает. И именно тогда методы изобретателей технических новинок, специалистов по рекламе и других специалистов, решающих проблемы сегодняшнего дня, могут помочь произрастанию нового из того, что казалось безнадежным. Несмотря на кажущуюся легковесность, эти методы все же осно-

ваны на серьезных принципах. При очевидном отсутствии решения они позволяют либо расширить область поиска, либо выбрать для него новую область. В результате применения правил преобразования и взаимодействия к имеющимся проектам поиск изменяет свое направление и исключается из тех областей, где имеются лишь частично приемлемые решения. Переоценка проектной ситуации ориентирует проектировщика на более отдаленные участки пространства поиска, которые первоначально могли быть исключены на основании ошибочных или утративших силу предположений.

Применение

Как указывалось выше, в методах, способствующих преодолению тупиковых ситуаций, предполагается, что проектировщики недостаточно хорошо знакомы с областью поиска. Такое неведение в отношении того, в каком направлении вести поиск, более характерно для любителей, чем для профессионалов. Однако ввиду возрастающей новизны областей поиска в крупных и сложных проблемах эти методы могут оказаться пригодными и для решения крупномасштабных проблем в тех случаях, когда профессиональные средства для их решения отсутствуют.

Обучение

Овладение этими методами не вызывает особых проблем, однако нежелание прибегать к "умственным трюкам" может сделать их бесполезными. Всегда требуется некоторое усилие, чтобы признать, что мы находимся в некоем "умственном тупике", и в соответствии с этим сознательно изменить стратегию.

Стоимость и время

Эти методы требуют мало времени и средств.

Библиография

Бродбент [17, 18], Кроуфорд [100], Грегори [102], Джонс [73], Осборн [22], Роже [99], Уайтинг [101].

10.4. Морфологические карты

Цель

Расширить область поиска решений проектной проблемы.

План действий

1. Определить функции, которые приемлемый вариант изделия должен быть способен выполнять.
2. Перечислить на карте широкий спектр частичных решений, т.е. альтернативных средств осуществления каждой функции.
3. Выбрать по одному приемлемому частичному решению для каждой функции.

Пример

Найти новые системы отопления жилищ.

1. Определить функции, которые приемлемый вариант изделия должен быть способен выполнять.

Важно, чтобы выбранные функции были в разумной степени независимыми и чтобы ни одна существенная функция не была упущена.

Существенными функциями для обеспечения комфорта человека в отапливаемой комнате считаются (табл. 10.1):

- А. Приемлемая *температура воздуха* (зависит от акклиматизации человека к центральному отоплению).
- Б. Приемлемая *радиационная температура* (чтобы избежать ощущения холода, подобного тому, которое испытывается у холодной стены или окна).
- В. Приемлемое *движение воздуха* (чтобы обеспечить необходимую вентиляцию без возникновения сквозняков).
- Г. Приемлемая *влажность* (чтобы избежать ощущения сухости в носоглотке).
- Д. Регулирование вертикального *градиента температуры* (чтобы избежать ощущения духоты, возникающего в случаях, когда ногам холодно, а голове жарко).

В этом примере функции определены по результатам научных исследований, позволившим успешно охарактеризовать наиболее важные переменные. Обычно специалисту по составлению морфологических карт приходится определять функции чисто интуитивно.

2. Перечислить на карте широкий спектр **частичных решений**, т.е. **альтернативных средств осуществления каждой функции**.

В идеальном случае на карте должны быть представлены все возможные частичные решения. Такую всеобъемлющую запись легче осуществить, если в каждом горизонтальном ряду будет записано дополнительное частичное решение, обозначенное как "другие средства".

3. Выбрать по одному приемлемому **частичному решению для каждой функции**.

Ломаными линиями на карте указаны две традиционные системы отопления. Включение в карту существующих систем служит некоторым подтверждением того, что функции выбраны правильно.

В данном случае, если взять из каждого ряда одно частичное решение, число новых возможных решений составит $4 \times 5 \times 4 \times 2 \times 1 \times 1 = 160$.

Эта морфологическая карта — одна из нескольких, которые использовались фирмой "Норрис Бразерс Лтд" (инженеры-консультанты фирмы "Хэйуордс Хит", Англия) при работе над новыми отопительными системами жилых зданий для фирмы "БП Трейдинг Лтд"; воспроизводится с разрешения обеих фирм.

Норрис [103] описывает различные методы рационального выбора из большого количества альтернативных частичных решений. Принцип отбора состоит в том, чтобы из каждого ряда выбрать именно то решение, которое получает наивысшее количество очков по некоторым "критериям успеха", например массе, стоимости, стабильности. При этом возникают вопросы совместимости (рассмотренные в разд. 11.3) и проблемы измерения и "взвешивания" (рассмотренные в разд. 9.8 и 12.3).

Таблица 10.1

ВАЖНЫЕ ПАРАМЕТРЫ	ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ				
	1	2	3	4	5
А Температура воздуха	Теплый воздух от центрального источника	Конвектор в комнате	Конвектор-радиатор в комнате	Регулируемый источник излучения	—
Б Радиационная аппаратура	Высокотемпературный электронагреватель	Высокотемпературный нагреватель с открытым пламенем	Панели с циркуляцией жидкости невысокой температуры	Низкотемпературный электрический нагреватель	Поверхности, нагреваемые конвекцией
В Движение воздуха	Естественная циркуляция	Принудительная циркуляция	Естественная конвекция	Принудительная конвекция	—
Г Влажность	Нерегулируемая	Увлажнитель-испаритель	—	—	—
Д Температурные градиенты	За счет расположения отопительного прибора	—	—	—	—

Система с циркуляцией теплого воздуха

Система с циркуляцией горячей воды

Замечания

Морфологические карты предназначены для стимулирования дивергентного мышления и гарантирования того, что ни одно новое возможное решение проектной проблемы не будет упущено.

Преимущество морфологических карт состоит в том, что для заполнения матрицы требуется очень мало времени. Основная трудность заключается в определении набора функций, которые были бы:

а) существенными для любого решения;

б) независимыми друг от друга;

в) охватывающими все аспекты проблемы;

г) достаточно немногочисленными, чтобы можно было составить матрицу, допускающую быстрое изучение.

В приведенном примере А3, А4, Б5 и Д1 указывают на некоторое перекрывание функций. Это происходит несмотря на то, что данный частный ряд функций определен на основании научных исследований, а не на основе зыбкой интуиции конструктора. При решении новых проблем, когда для выбора функций нельзя опереться ни на данные исследований, ни на практический опыт, перед проектировщиком стоит сложная задача уловить какую-то внутреннюю структуру в том, что существует пока только в его воображении. Способность сформулировать функции в новых проектных ситуациях зависит, по-видимому, от способности предвидеть целый ряд возможных решений и в то же время мысленно расклассифицировать их. Есть основания полагать, что составить морфологическую карту может лишь тот, кто уже обладает достаточными знаниями или достаточным воображением, чтобы предсказать, что будет выявлено с помощью карты.

Аналогичная трудность возникает и при выборе частичных решений. Для того чтобы общее число комбинаций было достаточно малым для поиска, важно оставаться на уровне широких альтернатив, опуская незначительные вариации. Количество комбинаций очень быстро возрастает по мере увеличения количества функций и частичных решений; например, матрица 10×10 уже дает 10 млрд комбинаций.

Недостаток этого метода состоит в том, что как для выявления функций, так и для поиска приемлемых комбинаций частичных решений требуется знание структуры проблемы, которую сам метод не раскрывает. Его преимущест-

во в том, что он заставляет проектировщика расширить область поиска.

Применение

Этот метод достаточно успешно применялся для поиска решений ряда новых инженерных проблем самого различного характера — от транспортировки нефти без танкеров до конструкции быстро убираемого навеса от дождя над площадкой для игры в крикет. Наилучшие результаты он, по-видимому, может дать при исследовании ограниченных областей поиска, а не при изучении плохо определенных и нечетко сформулированных проблем.

Обучение

Студенты-выпускники проектных специальностей, работавшие по этому методу, испытывали значительные трудности при формулировании функций. Опытные проектировщики в области машиностроения и строительной техники быстро научились пользоваться этим методом, успешно и охотно применяя его в областях, где структура проблемы им более или менее знакома и они имеют представление о практической осуществимости тех или иных решений.

Стоимость и время

На выявление функций и составление матрицы требуется всего несколько часов. Исчерпывающий поиск для нахождения всех наборов частичных решений требует более длительного времени. Дальнейший поиск обычно прекращается, как только выявляется несколько практически полезных комбинаций.

Библиография

Норрис [103], Цвикки [104].

Метод

Цель

11.1. Матрица взаимодействий

Обеспечить систематический поиск взаимосвязей между элементами в рамках данной проблемы

11.2. Сеть взаимодействий

Отразить схему взаимосвязей между элементами в рамках проектной проблемы

11.3. Анализ взаимосвязанных областей решения (AIDA)

Выявить и оценить все совместимые комбинации частичных решений проектной проблемы

11.4. Трансформация системы

Найти способы трансформации системы с целью ликвидации присущих ей недостатков.

11.5. Проектирование нововведений путем смещения границ

Сместить границы нерешенной проектной проблемы, чтобы для ее решения можно было использовать знания из смежных областей

11.6. Проектирование новых функций

Создание радикально новой конструкции, способной привести к новым моделям поведения и спроса

11.7. Определение компонентов по Александру

Найти правильные физические компоненты конкретной структуры, которые можно было бы изменять независимо друг от друга в соответствии с последующими изменениями среды

11.8. Классификация проектной информации

Разделить проектную проблему на поддающиеся решению части

Глава 11

Методы исследования структуры проблемы (трансформация)

11.1. Матрица взаимодействий

Цель

Обеспечить систематический поиск взаимосвязей между элементами в рамках данной проблемы.

План действий

1. Определить понятия "элемент" и "взаимосвязь" (таким образом, чтобы другие специалисты могли выявить ту же конфигурацию элементов и взаимосвязей, что и вы).

2. Составить матрицу взаимодействий, в которой каждый элемент может быть сопоставлен с любым другим.

3. На основе объективных данных определить, имеется ли взаимосвязь между каждой парой элементов.

Пример

Установить необходимые взаимосвязи между помещениями медицинского центра. Этот пример взят из более общей матрицы, составленной А. Мерреем и Д. Мидлтоном из Архитектурного отдела министерства энергетики Англии.

1. Определить понятия "элемент" и "взаимосвязь" (таким образом, чтобы другие специалисты могли выявить ту же конфигурацию элементов и взаимосвязей, что и вы).

В данном случае понятие "элемент" определяется как любая часть комплекса помещений, оговоренных заказчиком.

"Взаимосвязь" определяется как потребность обеспечения доступа из одного помещения в другое.

Потребность в данном случае оценивалась по трехбалльной шкале:

- 2 — существенная взаимосвязь,
- 1 — желательная взаимосвязь,
- 0 — излишняя взаимосвязь.

2. Составить матрицу взаимодействий, в которой каждый элемент может быть сопоставлен с любым другим.

См. табл. 11.1.

3. На основе объективных данных определить, имеется ли взаимосвязь между каждой парой элементов.

В данном случае объективной базой для определения взаимосвязей было согласованное мнение большого числа лиц из среды медицинского персонала, консультациями которых пользовались проектировщики. Трехбалльная шкала была использована потому, что во многих случаях ответа "да — нет" оказалось недостаточно.

В данном примере левая часть матрицы (ниже диагонали; см. табл. 11.1) не использовалась, так как взаимосвязь симметрична, т.е. предполагается, что в каждом звене связи люди будут ходить в обоих направлениях. Если бы, например, объектом исследования было направление открывания дверей, надо было бы использовать обе половины матрицы.

Замечания

Матрица взаимодействий является одним из самых полезных проекторочных средств, которое возникло в результате

Таблица 11.1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Вестибюль	—	2	0	2	0	0	0	0	0	1
2 Зал ожидания	—	—	2	0	2	0	0	2	0	0
3 Процедурный кабинет	—	—	—	2	2	2	0	0	2	0
4 Боковая палата	—	—	—	—	0	1	0	0	0	0
5 Кабинет для врачебной консультации	—	—	—	—	—	1	0	1	0	0
6 Регистратура	—	—	—	—	—	—	1	0	1	0
7 Туалет для обслуживающего персонала	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0
8 Туалет для больных	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0
9 Склад медикаментов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
10 Бельевая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

поисков систематических методов проектирования. Грегори [2] приводит много примеров ее применения. Главное достоинство этого метода состоит в том, что он служит средством выполнения строгой, объективной проверки, неосуществимой чисто мысленным путем, без вспомогательных средств. Многие попытки систематизировать процесс проектирования включают использование матрицы взаимодействий того или иного вида, и такие матрицы используются также во всех попытках выразить проектные проблемы в форме, пригодной для обработки на ЭВМ (см., например, разд. 11.3 и 11.7). Описанные выше сравнительно простые действия над матрицей являются лишь элементарным примером применения общего аппарата матричной алгебры.

При использовании этого метода возникают следующие трудности:

а) Высокая вероятность ошибок при составлении даже небольшой матрицы и ее копировании. Поэтому, если требуется

высокая точность, матрицу должен проверить другой человек.

б) Продолжительное время, необходимое для выполнения всех оценок, требующихся для заполнения матрицы, и утомительный характер этого труда, включающего многочисленные консультации. Александер [4, 105] утверждает, что ему потребовалось несколько месяцев для составления матрицы из 140 элементов. Если это позволяют условия задачи, лучше ограничиться матрицей, содержащей не более 20 элементов, или расплести задачу так, чтобы получилось несколько небольших матриц.

в) Ограниченная ценность матриц, в которых элементы и взаимосвязи между ними не определены таким образом, чтобы любой человек смог при тех же условиях выявить ту же конфигурацию взаимосвязей. Подобной трудности не смог избежать и Александер (см. разд. 11.7).

г) Затруднения, которые возникают, ес-

ли элементы не относятся к одному и тому же уровню иерархии (т.е. если какие-то элементы на деле составляют часть других элементов) или если не все элементы принадлежат к тому же семейству, к которому действительно приложимы указанные взаимосвязи. Это обстоятельство автор упустил из виду в одной из своих предыдущих работ (Джонс [73]), в результате чего многие студенты потеряли уйму времени на составление бесполезных матриц с весьма зыбко определенными "взаимосвязями" между случайным образом скомбинированными "факторами", отражавшими лишь случайные мысли одного человека по поводу рассматриваемой проблемы.

Применение

В разных местах этой книги приведены различные примеры применения этого метода, но, по-видимому, диапазон сложных проектных ситуаций, в исследовании которых можно успешно использовать матрицы, практически неограничен. Важно уметь распознавать те виды неопределенности и сложности, которые нельзя четко представить в матрице. Матрица взаимодействий бесполезна в тех случаях, когда приведенные выше правила определения и выбора элементов неприменимы, т.е. когда структуру проблемы нельзя с достаточной степенью точности охарактеризовать с помощью какой-либо модели.

Обучение

Для распознавания и определения элементов и взаимосвязей, которые с пользой могут быть представлены в матричном виде, требуется значительный опыт. Научиться составлять и проверять матрицы можно за короткий срок, но выполнять эти операции без ошибок — задача весьма нелегкая.

Стоимость и время

Для составления матрицы из 12 или 24 элементов требуется не более одного дня. Для матрицы из 50 или более элементов может потребоваться несколько недель, особенно если значительное время уходит на установление наличия тех или иных взаимосвязей.

Библиография

Александр [4, 105], Грегори [2], Джонс [73].

11.2. Сеть взаимодействий

Цель

Отразить схему взаимосвязей между элементами в рамках проектной проблемы.

План действий

1. Дать однозначное определение понятий "элементы" и "взаимосвязи", как это предложено в разд. 11.1.
2. Использовать матрицу взаимодействий для определения взаимосвязанных пар элементов.
3. Вычертить граф в виде точек (представляющих элементы), соединенных линиями (изображающими связи между элементами).
4. Изменить положения точек так, чтобы свести к минимуму число пересечений и более отчетливо выявить структуру сети.

Пример

Выразить схему взаимосвязей между помещениями медицинского центра (составлено по сетевой схеме, разработанной А. Мерреем и Д. Мидлтоном из Архитектурного отдела министерства энергетики Англии).

- 1 и 2. Дать однозначное определение понятий "элемент" и "взаимосвязь" и использовать матрицу взаимодействий для определения взаимосвязанных пар элементов.

Эта методика описана в примере разд. 11.1.

3. Вычертить граф в виде точек (представляющих элементы), соединенных линиями (изображающими связи между элементами).

Это легче всего сделать, если точки с самого начала расположить по кругу, как показано на рис. 11.1, где тонкими линиями обозначены желательные взаи-

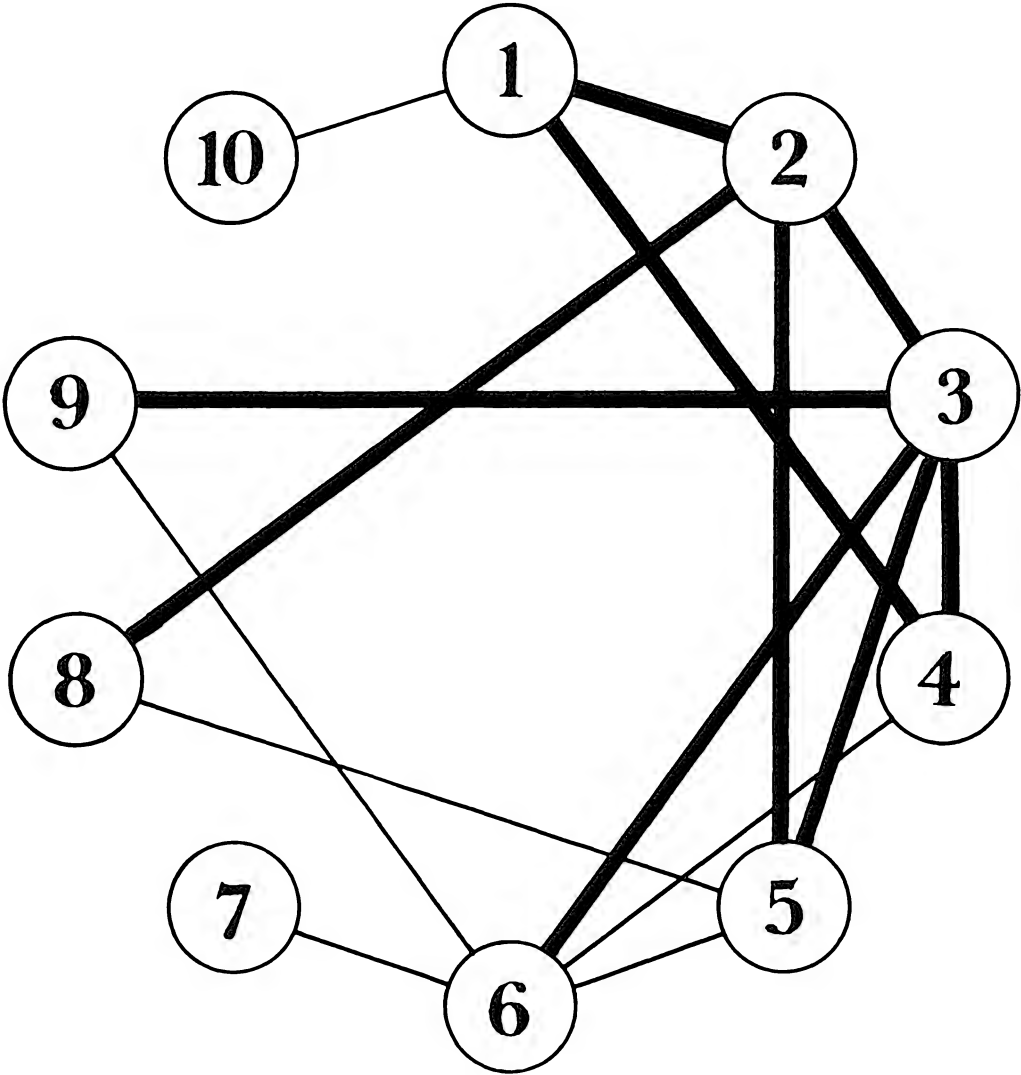


Рис. 11.1.

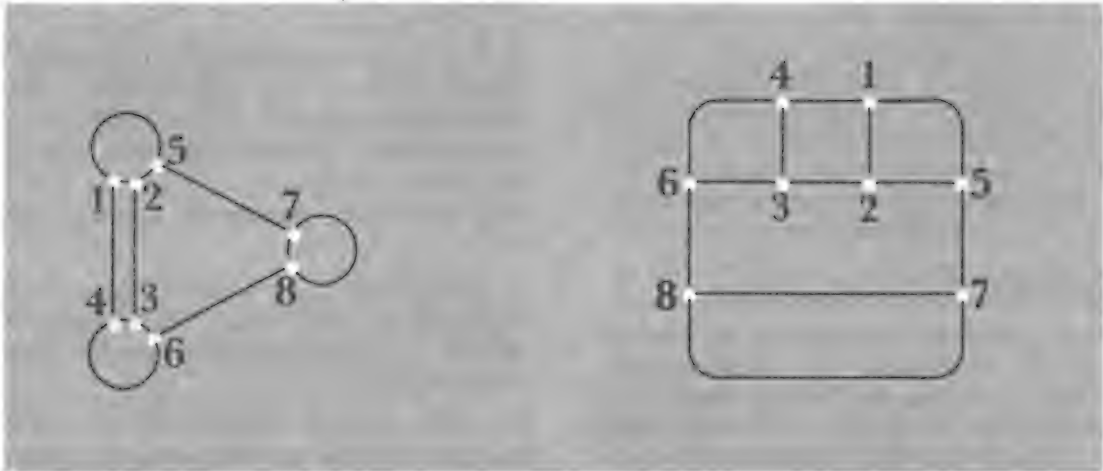


Рис. 11.2.

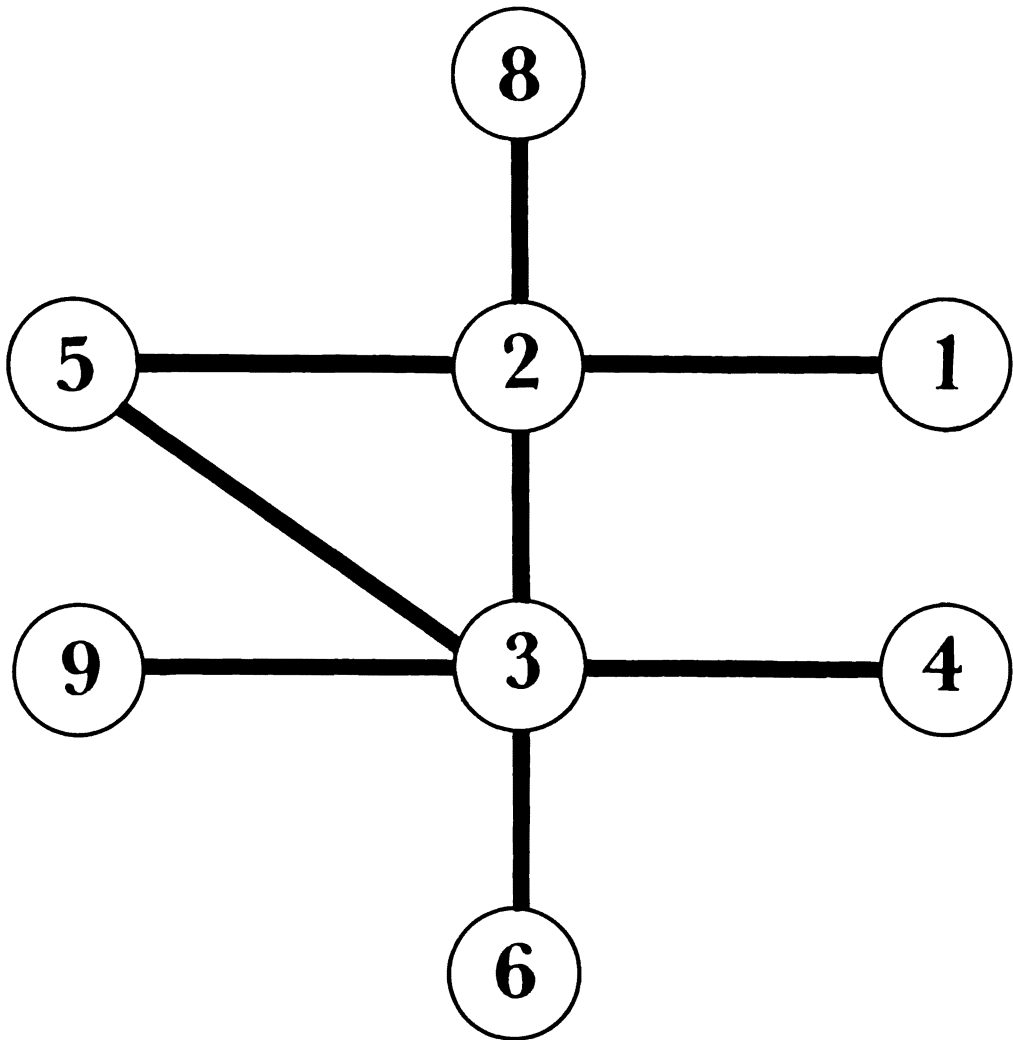


Рис. 11.3

мосвязи между помещениями, а жирными – существенно важные взаимосвязи.

4. Изменить положения точек так, чтобы свести к минимуму число пересечений и более отчетливо выявить структуру сети.

Уловить топологическую структуру сети не так просто, как кажется. На рис. 11.2 показаны две топологически эквивалентные, но геометрически совершенно различные сети (Минский [106]).

При достаточном практическом опыте удается распознать субструктуры, которые мысленно преобразуются до тех пор, пока не выявляется простая картина.

В случае медицинского центра сеть можно преобразовать таким образом, чтобы в первую очередь устранить пересечения *существенно важных* взаимосвязей (рис. 11.4), сохраняя при этом, насколько возможно, регулярный характер сети. Затем можно добавить *желательные* взаимосвязи (рис. 11.4), снова

по возможности сохраняя регулярную структуру.

Архитектору при взгляде на эту сеть сразу становится понятной схема пространственных взаимосвязей, которые он должен предусмотреть в своем проекте. Возможно, что при этом заказчику придется отказаться от некоторых менее важных связей, как это показано на рис. 11.5. В этом поэтажном плане уже опущены связи между элементами 9 и 6 и элементами 5 и 6.

Замечания

Сети, графы, блок-схемы, поточные схемы и т.п. – все это способы реализации общего соглашения о представлении связей между элементами в виде конфигурации линий. Единственным преимуществом сети перед матрицей является легкость восприятия ее структуры и уяснения существа проблемы. Матрицы и

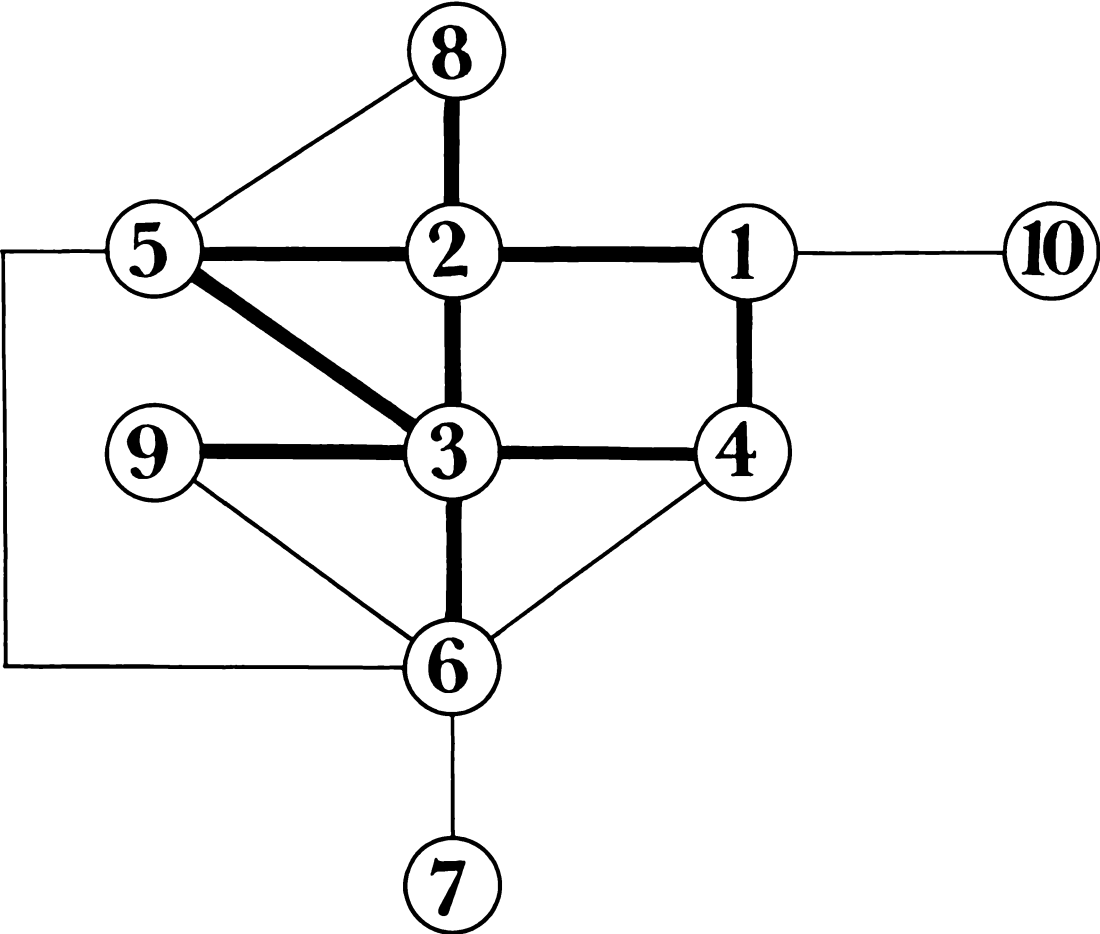


Рис. 11.4.

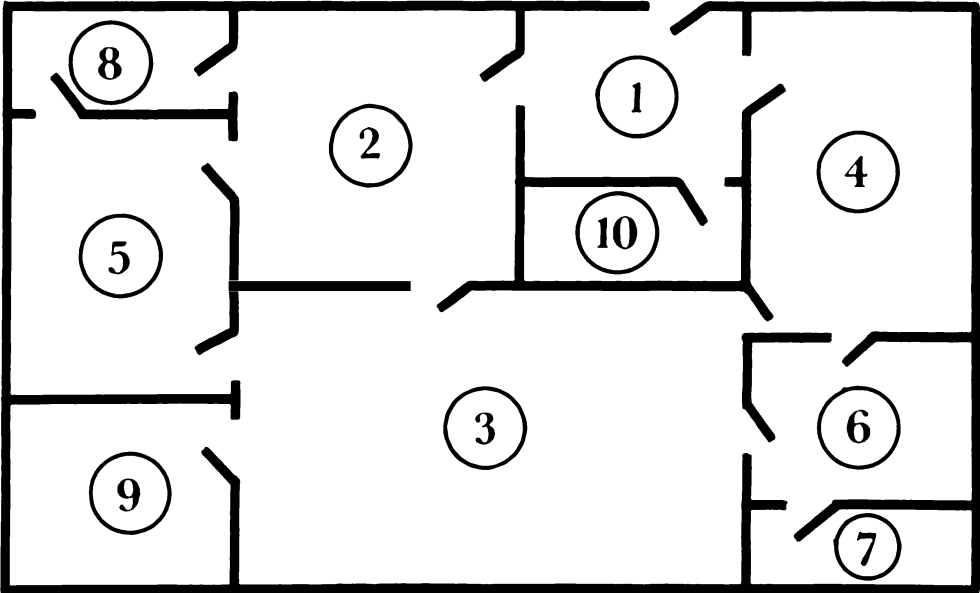


Рис. 11.5

сети — дополняющие друг друга способы выражения одной и той же системы взаимосвязей. Матрица позволяет последовательно, элемент за элементом воссоздать в пространстве вне нашего мозга такие структурные модели, которые слишком сложны, чтобы наш мозг мог охватить их целиком. Сеть, отражающая те же взаимосвязи, как только она закончена и проверена, позволяет снова "пересадить" эту структурную модель в наш мозг, откуда поступили составляющие ее компоненты. Таким образом, наш мозг может использовать внешние средства для выявления структурных моделей в совокупностях элементов информации, которые ранее воспринимались сознанием только изолированно. Такие структурные модели слишком трудны для восприятия *в целостной форме*, если в них более 15–20 элементов; поэтому большие сети редко используются в качестве схем, поясняющих структуру проблемы.

Применение

Как и матрицы, сети находят множество полезных применений при условии, что имеются четкие определения элементов и взаимосвязей между ними.

Обучение

Начертить сеть не сложно, но может оказаться весьма трудным определить взаимосвязи и преобразовать информацию, представленную в виде большой матрицы, в упорядоченную визуальную схему, которую в состоянии воспринять человеческий мозг.

Стоимость и время

Для превращения небольшой матрицы в удобную для использования сеть требуется всего один час или около того. Для того же, чтобы вычертить и проверить большие сети, может потребоваться значительно больше времени, и такие сети очень мало помогают уяснению структуры проблемы.

Библиография

Александр [4, 105], Джонс [73], Минский [106].

11.3. Анализ взаимосвязанных областей решения (AIDA)

Цель

Выявить и оценить все совместимые комбинации частичных решений проектов проблемы.

План действий

1. Выявить несколько возможных вариантов в каждой области решений.
2. Указать, какие варианты несовместимы друг с другом.
3. Перечислить все наборы вариантов, которые можно объединять друг с другом, не опасаясь их несовместимости.
4. При наличии единого количественного критерия для выбора вариантов (например, стоимости) найти совместимые наборы вариантов, наилучшим образом удовлетворяющие данному критерию.

Пример

Проектирование удерживаемого в руке устройства для письма чернилами. (Этот весьма простой и хорошо известный пример выбран здесь только для того, чтобы продемонстрировать методику. Более сложный и полезный пример применения этого метода дается в разд. 7.7.)

1. **Выявить несколько возможных вариантов в каждой области решений.**

Предполагается, что областями решений при проектировании указанного выше пишущего устройства являются следующие:

- а) *Подача*. Как подавать чернила на бумагу?
- б) *Заправка*. Как наполнять резервуар для чернил?
- в) *Предохранение*. Как защитить элемент, подающий чернила на бумагу, когда он не используется?

г) *Положение в кармане*. Как устройство должно быть ориентировано при хранении в кармане?

Для каждой области решений предлагаются следующие возможные варианты, т.е. частичные решения:

Подача:	a_1 перо	a_2 шарик
Заправка:	b_1 всасыванием	b_2 заменой стержня
Предохранение:	c_1 съёмный колпачок	c_2 убирающийся стержень
Положение в кармане:	d_1 острием вверх	d_2 острием вниз

2. Указать, какие варианты несовместимы друг с другом.

Это легко сделать, используя, во-первых, матрицу взаимодействий (табл. 11.2; см. разд. 11.1) и, во-вторых, сеть взаимодействий (рис. 11.6; см. разд. 11.2). Матрица оставлена не заполненной в тех местах, которые относятся к сочетаниям в пределах областей решений (например, a_1, a_2 , лежащих на диагонали) или к идентичным сочетаниям (например, $a_1 b_1 = b_1 a_1$, расположенным симметрично по каждую сторону диагонали).

Три указанные в матрице предполагаемые несовместимости объясняются следующим образом:

$a_1 c_2$ — перо требует герметичного колпачка, а убирающийся стержень остается открытым;

$a_1 d_2$ — перо подтекает, если его держать в кармане острием вниз;

$a_2 b_1$ — паста для шариковой ручки имеет

Таблица 11.2

ВАРИАНТЫ 1= совместимые 0=несовместимые	a, a ₁	b, b ₁	c, c ₁	d, d ₁
ПОДАЧА (ЧЕРНИЛ)				
a ₁ перо		1 1	1 0	1 0
a ₂ шарик		0 1	1 1	1 1
ЗАПРАВКА				
b ₁ всасыванием			1 1	1 1
b ₂ заменой стержня			1 1	1 1
ПРЕДОХРАНЕНИЕ				
c ₁ съёмный колпачок				1 1
c ₂ убирающийся стержень				1 1
ПОЛОЖЕНИЕ В КАРМАНЕ				
d ₁ острием вверх				
d ₂ острием вниз				

слишком большую вязкость, поэтому стержень не может наполняться всасыванием.

На этом этапе цель использования матрицы состоит в том, чтобы убедиться, что ни одна из возможных пар не упущена. Определив все несовместимые решения, данную схему можно представить группе дизайнеров в виде сети (или "графа выбора"), на которой линия, разделяющая варианты, указывает на несовместимые сочетания (рис. 11.6)

Лакмен [107] указывает, что сначала линии использовались для обозначения совместимых связей, но при этом схема оказывалась значительно более запутанной.

3. Перечислить все наборы вариантов, которые можно объединять друг с другом, не опасаясь их несовместимости.

Данный пример очень прост и все возможные комбинации для него легко составить вручную. В приводимой ниже таблице несовместимые варианты подчеркнуты и показано, что все совместимые сочетания включают четыре существующих типа инструментов для письма, а также два возможных новых типа А и В (отличающиеся от существующих типов лишь незначительными деталями).

a_1	b_1	c_1	d_1	Обычная авторучка
a_1	b_1	c_1	d_2	Несовместимое сочетание
a_1	b_1	c_2	d_1	" "
a_1	b_1	c_2	d_2	" "
a_1	b_2	c_1	d_1	Патронная ручка
a_1	b_2	c_1	d_2	Несовместимое сочетание
a_1	b_2	c_2	d_1	" "
a_1	b_2	c_2	d_2	" "
a_2	b_1	c_1	d_1	" "
a_2	b_1	c_2	d_1	" "
a_2	b_1	c_2	d_2	" "
a_2	b_2	c_1	d_1	Шариковая ручка с колпачком
a_2	b_2	c_1	d_2	Возможный новый тип шариковой ручки (А)
a_2	b_2	c_2	d_1	Возможный новый тип шариковой ручки (В)
a_2	b_2	c_2	d_2	Шариковая ручка с убирающимся стержнем

Такой простой пример приведен для того, чтобы читатели могли быстро сами проверить себя; но он не иллюстрирует всех возможностей метода в отношении выявления новых решений сложных проблем. Большинство проблем достаточно сложно и требует применения ЭВМ для перебора всех возможных сочетаний совместимых наборов решений. Соответствующая машинная программа, пригодная для любой ЭВМ, имеющей компилятор для языков АЛГОЛ или ФОРТРАН, может быть получена, например, в Институте исследования операций (Ковентри, Англия).

4. При наличии единого количественного критерия для выбора вариантов (например, стоимость) найти совместимые наборы вариантов, наилучшим образом удовлетворяющие данному критерию.

Предположим, что себестоимость изготовления каждого из вариантов ручки не зависит от других. Стоимость наиболее дешевого варианта каждого решения принимается за нуль, а самого дорогого считается равной разности стоимостей двух вариантов ручки.

В приведенном примере разности стоимостей (табл. 11.3, вторая колонка) оценены интуитивно на основании опыта. Затем общие стоимости совместимых сочетаний суммируются, как показано в таблице. Как и можно было предположить, шариковая ручка с колпачком оказалась самой дешевой, а обычная авторучка — самой дорогой.

Замечания

Этот метод один из наиболее эффективных и надежных методов проектирования, использовавшихся до настоящего времени. Он задуман как средство сокращения времени, которое часто тратится на повторные рассмотрения тех же аспектов проектной проблемы, и уменьшения риска упустить из виду совместимые комбинации решений, которые могут разрешить кажущиеся безнадежно конфликтными варианты. Лакмен [107] установил, что опытные конструкторы сумели и без этого средства выбрать многие из наиболее дешевых совместимых сочетаний, но для этого им потребовалось много времени и они не всегда находили самое дешевое сочетание.

Не всегда легко разделить проектную проблему на отдельные части. Проще всего это сделать, взяв какое-то традиционное решение и идя от него назад для того, чтобы выявить области принятия решений. Может оказаться затруднительным определить на предпроектном этапе, какие варианты окажутся несовместимыми. Стоит только начать поиски путей преодоления несовместимостей, как приходится изменять первоначальный выбор функциональных частей проблемы, и именно в таких случаях данный метод превращается в средство интуитивного поиска структуры проблемы, поддающейся решению. Лакмен предполагает, что этот метод можно распространить и на ситуации, в которых приходит-

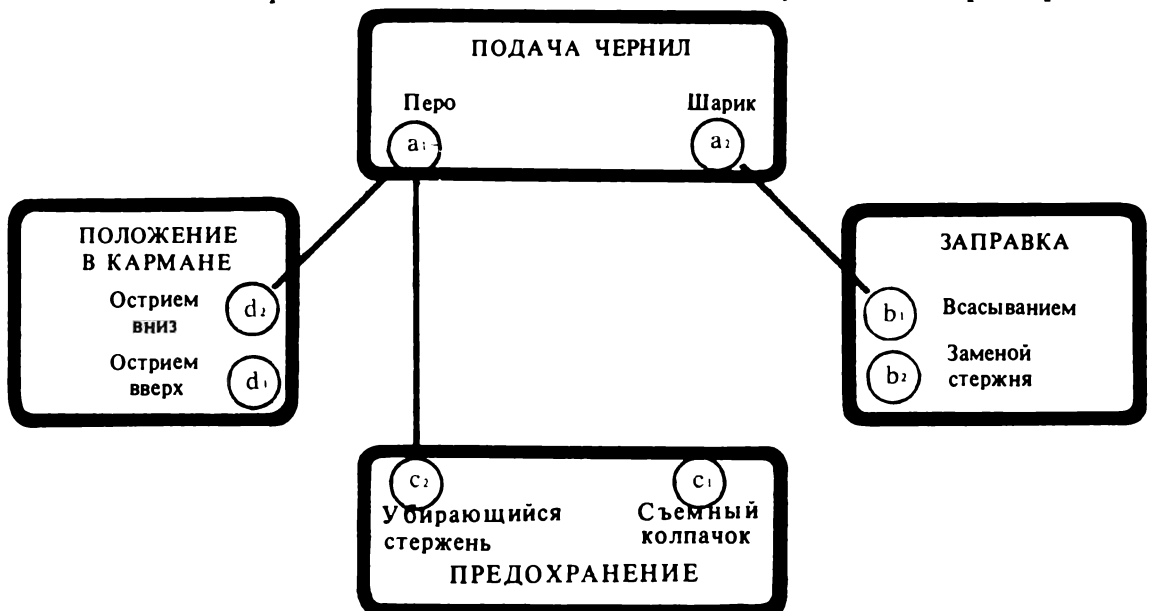


Рис. 11.6

Таблица 11.3

ВАРИАНТЫ	СТОИМОСТЬ	СОВМЕСТИМЫЕ СИСТЕМЫ					
		Обычная авторучка	Патронная ручка	Шариковая ручка с колпачком	Шариковая ручка с убирающимся стержнем	Новый тип (А)	Новый тип (В)
Подача а, перо	4	+	+				
а, шарик	0			+	+	+	+
Заправка b, всасыванием	3	+					
b, Сменной резервуара	0		+	+	+	+	+
Предохранение с, Съемный колпачок	0	+	+	+		+	
с, Убирающийся стержень	2				+		+
Положение в кармане d, Острием вверх	0	+	+	+			+
d, Острием вниз	1				+	+	
Сумма стоимостей		7	4	0	3	1	2

ся учитывать несовместимость сочетаний частичных решений по три, четыре и более. Этот метод рекомендуется использовать при наличии условных несовместимостей.

Начальные этапы метода анализа взаимосвязанных областей решения напоминают метод, представленный в разд. 10.4. Основное различие состоит в том,

что в данном методе частичные решения могут включать только практически осуществимые, а не все возможные варианты.

Применение

Метод использовался при проектировании изготавливаемых промышленным ме-

тодом каркасов жилых зданий (Лакмен [107]) и станков. Он может оказаться полезным для любой проектной проблемы, где имеются значительные отклонения от предыдущих проектных решений, но для этого требуется стабильность структуры проблемы.

Обучение

Метод довольно быстро усваивается проектировщиками, поскольку он связан с рассмотрением центральной проблемы несовместимости, решение которой в значительной степени и составляет сущность процесса проектирования. Однако от умения и опыта проектировщика зависит выбор областей принятия решений, на которые проблема разбивается с самого начала.

Стоимость и время

Метод, по-видимому, позволяет сэкономить значительно больше времени, чем затрачивается на его применение, но лишь при условии, что первоначальный выбор функций производится на подходящем уровне общности (что едва ли выполнено в простом примере, описанном выше).

Библиография

Лакмен [107].

11.4. Трансформация системы

Цель

Найти способы трансформации системы с целью ликвидации присущих ей недостатков.

План действий

1. Выявить коренные недостатки существующей системы.
2. Установить причины этих недостатков.
3. Определить новые типы компонентов системы, способных ликвидировать присущие ей недостатки.
4. Определить последовательность изменений (путь трансформации, или эволюционная траектория), которая позволит

существующим компонентам системы эволюционировать в качественно новые.

Пример

Этот пример является частью анализа, проведенного автором при исследовании проблемы заторов движения транспорта (Джонс [108]) и описанного более подробно в разд. 9.7; сама проблема движения транспорта частично рассмотрена в разд. 9.1.

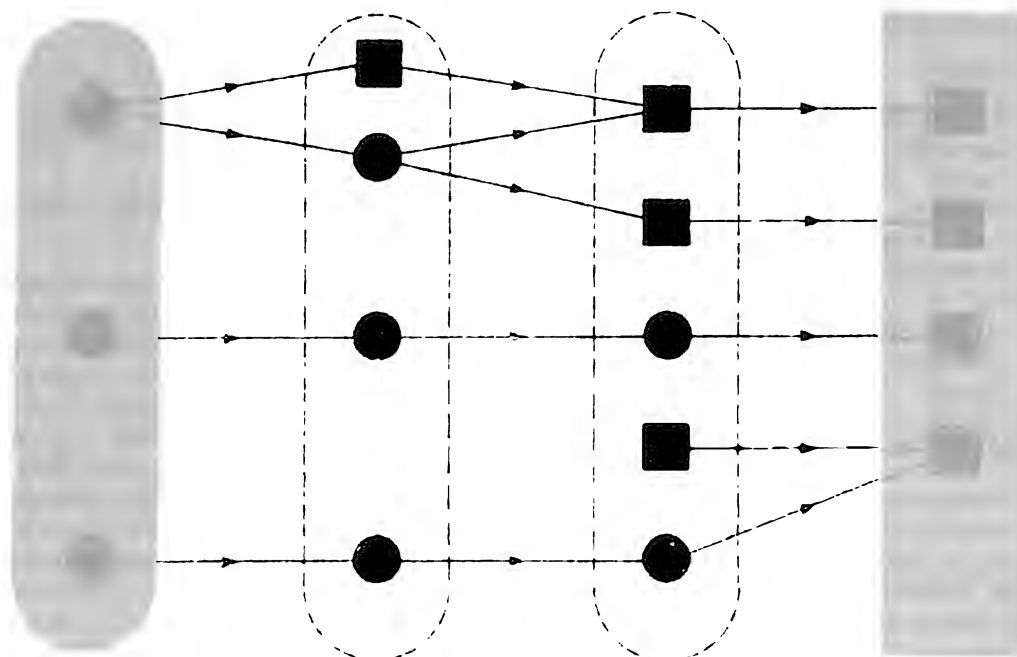
1. Выявить коренные недостатки существующей системы.

В данном случае существующая ситуация охватывает все, что оказывает значительное влияние на движение транспортных средств в черте города, т.е. дороги, сами транспортные средства, водителей, пешеходов, пункты назначения, регулировщиков, дорожные знаки и т.д. Нет необходимости начинать с исчерпывающего описания системы (да это было бы невозможно сделать из-за неопределенности понятия "оказывает значительное влияние"). Здесь требуется лишь перечислить несколько особенно неблагоприятных элементов ситуации, в которых возникает важная проектная или планировочная проблема. Основной присущий современной системе недостаток — транспортные заторы. Краткое ознакомление с проблемой показывает, что имеется и ряд других недостатков, связанных с этим основным. Так, мы имеем:

- а) заторы движения;
- б) недостаточное количество стоянок вблизи пунктов назначения;
- в) низкий коэффициент использования транспортных средств;
- г) высокий процент несчастных случаев;
- д) жесткую систему городских автомобильных дорог, т.е. высокую их стоимость, трудность прокладки их в существующих городах и многие ограничения, которые шоссе-ные дороги накладывают на городское планирование.

Это далеко не полный перечень (да он и не должен быть таковым) критических подпроблем. На этом этапе требуется лишь несколько исходных точек, в которых можно начать распутывать клубок причин, не позволяющих решить проблему в настоящее время.

СУЩЕСТВУЮЩАЯ СИСТЕМА	ПЕРВАЯ ПРОМЕЖУТОЧНАЯ СИСТЕМА (некоторые недостатки устранены)	ВТОРАЯ ПРОМЕЖУТОЧНАЯ СИСТЕМА (устранено еще больше недостатков)	ТРАНСФОРМИ- РОВАННАЯ СИСТЕМА (все недостатки устранены)
-------------------------	---	---	---



ПУТЬ ТРАНСФОРМАЦИИ

- Новые компоненты
- Существующие компоненты

2. Установить причины этих недостатков.

Нетрудно рассмотреть причины недостатков в системе, используя так называемый метод "зачем — отчего — почему?" Он хорошо иллюстрируется притчей Тито Сасаки о разговоре отца с ребенком (Сасаки [109]):

- Сынок, ты должен доест суп.
- Почему?
- Потому что тебе нужно достаточное количество пищи.
- Зачем?
- Чтобы ты мог делать все, что захочешь.
- Ну, так я хочу вылить этот суп.

Цель постановки вопросов "Зачем? Отчего? Почему?" состоит в том, чтобы выявить скрытые противоречия, которые, возможно, будет тем легче разрешить, чем более очевидны аспекты проблемы, например:

"Почему люди возражают против заторов уличного движения?"

— Потому что они вызывают раздражение.

"Почему они вызывают раздражение?"

— Потому что приводят к неожиданным задержкам.

"Почему неожиданные задержки раздражают людей?"

— Потому что им приходится менять свои планы.

"Почему те, кто находится в дороге, имеют планы?"

— Потому что поездка в автомобиле не самоцель (или самоцель?)

Анализ этих причин очень быстро приводит к мысли о том, что, предусмотрев заранее возможные заторы движения и вычислив предполагаемое время поездки до пункта назначения по каждому из нескольких возможных маршрутов, можно значительно снизить плотность

движения транспорта и довести ее до приемлемого уровня.

Задумавшие совершить поездку в поисках наиболее быстрого маршрута между двумя пунктами могут обходить маршруты, для которых расчетное время поездки велико из-за возможных заторов. (Если для любого варианта маршрута расчетное время все же слишком велико, отправляющийся в поездку может изменить свои планы и перенести поездку на то время, когда плотность движения уменьшается, а расчетное время поездки становится приемлемым.)

Другая идея, вытекающая из анализа вышеприведенного ряда причин, наводит на мысль о возможности сделать поездки более близкими к самоцели, например предусмотрев средства, позволяющие пассажиру в пути продолжать работать, развлекаться, принимать пищу и т.д. Эта мысль в данном примере не развивается, но она достойна рассмотрения.

Читатели, возможно, захотят применить метод "зачем — отчего — почему?" для изучения недостатков, перечисленных в пп. "б" — "д". Возможно, они при этом придут к другим выводам, чем автор, так как существует множество вариантов для субъективной формулировки каждого ответа и тех его аспектов, на которые обращается внимание следующим вопросом. Очевидно, можно составить много рядов причин, вытекающих из одной исходной точки. При квалифицированной постановке вопросов удастся избежать тривиальных вопросов и задавать только те, которые явно ведут к объяснению, имеющему необходимый уровень общности для последующего действия.

Когда для каждого из недостатков, перечисленных вначале, построен ряд или несколько рядов причин, обнаруживается, что они образуют сеть (или картину проблемы), в которой имеется один или более "порочных кругов". Задачей проектировщика как раз и является отыскание слабых звеньев, в которых он видит реальные возможности разрешить эти порочные круги.

3. Определить новые типы компонентов системы, способных ликвидировать присущие ей недостатки.

Сеть причин, выявленная на этапе 2, включает ссылки как на компоненты

системы (например, автомобили и дороги), так и на события, возникающие независимо от системы транспорта (например, час "пик"). Следующая задача состоит в том, чтобы найти или придумать *взаимно согласованную систему эксплуатационных требований* и компонентов системы, которая не только позволила бы ликвидировать присущие системе недостатки (такие, как заторы и недостаточное количество стоянок), но и обеспечила бы потребителям максимум прямых и косвенных преимуществ в результате ликвидации этих недостатков.

Маловероятно, чтобы проектировщики сразу могли найти такие новые компоненты системы, которые уже на этапе анализа показали бы, что они не только *способны ликвидировать недостатки системы*, но и *вполне осуществимы*.

Вероятнее всего, некоторые из присущих системе недостатков не смогут быть ликвидированы до разработки новых компонентов системы, не существующих в данный момент. Выработка новых эксплуатационных требований и соответствующих им компонентов должна быть намечена на тот период времени, для которого все компоненты практически осуществимы. Пример с движением транспорта был описан в 1959 г. Тогда было выдвинуто предположение, что определяющие новые компоненты, а именно автоматически управляемый автомобиль и автоматическая система управления городским движением, не могут быть реализованы до 1980 г. Поэтому эксплуатационные требования были составлены так, что они предусматривали значительно лучшие условия эксплуатации, чем это было возможно в 1959 г.; например, средства транспорта должны быть доступны в пределах 9 м в любой точке города в течение 2 мин независимо от погодных условий (снега, льда, тумана). Ниже приводятся выдержки из технических условий 1959 г. для свободной от заторов системы городского транспорта.

1. У д о б с т в а , п р е д о с т а в л я е м ы е п а с с а ж и р а м в 1980 г.

а) Поездки между пунктами, очень близкими к пунктам отправления и назначения.

Перевозка людей или грузов должна производиться из пунктов, расположенных *очень близко* к пунктам их отправления, в пункты, расположенные *очень близко* к пунктам их назначения. Эта близость будет одним из главных преимуществ дорожного движения. Для максимального использования данного преимущества это расстояние должно быть порядка 9 м. Пункты отправления и назначения могут лежать в *любой точке* в черте города.

б) *Весьма кратковременные задержки в начале и конце поездки.*

Поездку должно быть возможно начать через *очень короткий* промежуток времени после принятия решения об этом, а люди или грузы должны иметь возможность попасть в пункт их назначения через *очень короткое* время после окончания поездки. Это второе важное преимущество дорожного транспорта. Для максимального использования этого преимущества разрыв во времени между принятием решения и началом его осуществления должен быть не более одной минуты.

в) *На предоставление услуг не влияют погода, видимость и т.д.*

Все указанные здесь услуги должны быть обеспечены независимо от погодных условий, видимости и т.п.

г) *Общее время поездки не превышает длительности визита или времени между доставками груза.*

Общее время нахождения в пути должно быть не больше или даже меньше времени, необходимого для выполнения деятельности, ради которой пассажир отправляется в пункт назначения. В случае транспортировки грузов общее время должно быть порядка или меньше интервала между очередными доставками товаров в соответствующем пункте назначения (предполагается, что эти два критерия должны быть подтверждены операционным анализом транспортных затрат).

д) *Общее время поездки не превышает того, что ожидает пассажир.*

Общее время поездки никогда не должно превышать ожидаемого, т.е. всегда

должно быть возможно точное определение времени прибытия в пункт назначения.

2. Учет требований потребителей в 1980 г.

а) *После поездки не остается физического или нервного напряжения.*

Никто из пассажиров не должен испытывать стрессов, которые не могут быть сняты во время самой поездки, т.е. не должно возникать остаточного физического или нервного напряжения. (Предполагается, что этот критерий должен подтвердиться в результате психологических и физиологических исследований утомления во время поездки, явно выраженных неудобств для водителей и пассажиров и таких долговременных последствий, как нервные срывы и стрессовые расстройства.)

б) *Не требуется обучения потребителей.*

Действия, выполняемые водителями и пассажирами, не должны требовать от них специальной подготовки, должны соответствовать навыкам поведения, приобретенным с раннего детства, и должны быть в пределах возможностей наименее способных членов общества.

в) *Низкая вероятность несчастных случаев.*

Вероятность несчастных случаев с пассажирами или пешеходами должна быть минимальной.

3. Стоимость эксплуатации дорог в 1980 г.

а) *Высокий коэффициент использования ресурсов.*

Для получения максимальной прибыли от капиталовложений в систему коэффициент использования ресурсов должен быть очень высок. Следует стремиться к тому, чтобы он был близок к 100%.

б) *Способность адаптации к изменяющимся условиям во избежание морального старения.*

Система должна быть адаптируемой к изменениям интенсивности движения и технических характеристик транспортных средств, чтобы элементы системы не

устаревали морально до их физического износа.

в) *Не требуется перестройка городских кварталов.*

Усовершенствования современной системы не должны повлечь за собой больших изменений в зданиях и сооружениях, которые существуют в 1959 г. или будут построены позже.

г) *Отсутствие ограничений на планировку местности.*

Система не должна накладывать никаких ограничений на планировку местности, по которой проходит дорога.

Этим эксплуатационным требованиям отвечает система, в которой предусмотрено следующее:

1. Все автомобили должны иметь ручное и автоматическое управление, осуществляемое по кабелю, проложенному под полотном дороги. Движение автомобилей не должно быть обусловлено трением колес о поверхность дороги (что позволит им двигаться по прямой над льдом или снегом и совершать повороты, не замедляя движения).

2. Все автомобили сдаются потребителям на прокат только на время поездки.

3. Автомобиль можно вызвать к любому месту на обочине тротуара и можно рассчитать время поездки до любого другого места. Движение регулируется так, чтобы не было заторов.

4. Движение одностороннее, совершается по существующим улицам при почти постоянной скорости. Проезд перекрестков (вместо использования туннелей) осуществляется путем незначительной регулировки скорости отдельных автомобилей.

5. Потребность в местах стоянок невелика, так как свободные автомобили автоматически перемещаются в места наибольшего спроса.

Более подробное описание этой системы приводится ниже.

4. Определить последовательность изменений (путь трансформации, или эволюционная траектория), которая позволит существующим компонентам системы эволюционировать в качественно новые.

Описанная выше система была выбрана не только потому, что она представлялась физически и экономически осуществимой к 1980 г., но также и потому, что, по всей видимости, имелся по меньшей мере один способ последовательной трансформации компонентов системы 1959 г. до превращения ее в эту новую систему. Кроме того, каждый из промежуточных этапов эволюции был выбран так, чтобы он обеспечивал существенные, а не побочные эксплуатационные усовершенствования, с тем чтобы потребители с самого начала извлекали из этого пользу и на всех этапах обеспечивался экономический стимул. Этапы эволюции можно кратко описать следующим образом:

Этап 1 (1960 — 1963?)

Использование модели системы человек—машина для быстрого определения модели поведения и стоимости системы городского транспорта (разд.9.7).

Этап 2 (1963 — 1969?)

Непосредственная ликвидация заторов и облегчение трудностей со стоянками путем использования системы данных этапа 1 для управления дорожными световыми сигналами и передачи автомобилистам по радио информации о состоянии движения и о наличии мест на стоянках.

Этап 3 (1970 — 1979?)

Снятие с эксплуатации старых автомобилей и ввод новых (с автоматическим и ручным управлением).

В существующих автомобилях может использоваться радиосвязь для получения индивидуальных предписаний относительно пути следования и наличия мест на стоянках из центра управления движением. Вводимые в эксплуатацию новые автомобили включаются в систему

проката; они вызываются при наборе номера на любом счетчике в местах стоянок или по телефону; постепенно они вытесняют из обращения индивидуальные автомобили, такси и автобусы. На этапе 3 они управляются вручную, но могут использоваться и с автоматическим управлением на этапе 4.

Этап 4 (1980?)

Теперь в эксплуатации находятся только автомобили нового типа и большинство дорог оборудовано системой автоматического управления скоростным односторонним движением. Полная автоматизация позволяет осуществлять непрерывное движение потоков на перекрестках на одном и том же уровне и обеспечивает высокий коэффициент использования автомобилей, автоматически подаваемых в пункты наибольшего спроса. Окончательная система обеспечивает быструю поездку при незначительных задержках с точно известной продолжительностью нахождения в пути и в условиях безопасности. Система используется большей частью населения, включая детей, стариков и людей с физическими и умственными недостатками.

На каждом этапе разрабатываются проектная документация и оборудование, позволяющие перейти к следующему этапу, и меняется экономический баланс для осуществления такого перехода.

Этот пример "эволюционного планирования" более подробно описан Джонсом [108], другой пример приводится Брюнингом [110].

Замечания

Трансформацию проектной ситуации представить себе нетрудно, но гораздо труднее ее осуществить. Это объясняется тем, что изменения компонентов системы приводят к изменениям тех вещей, от которых зависит стабильность системы, а вместе с ней и стабильность убеждений людей, их работы и их ожиданий. Если мы заглянем в будущее обрисованной здесь автоматической системы транспорта, мы увидим, что последствием ликвидации заторов движения будут радикальные структурные изменения, затрагивающие многие организации и профессии, появившиеся

в начале нашего века в результате изобретения двигателя внутреннего сгорания и автомобиля. Эти изменения коснутся:

- общественного маршрутного и таксомоторного транспорта;
- частных владельцев автомобилей;
- производства и сбыта автомобилей;
- политики планирования городов;
- инженерных профессий, обслуживающих городской транспорт;
- дорожного законодательства и автомобильной инспекции.

В каждом случае существуют глубоко укоренившиеся убеждения, взгляды и профессиональные интересы, а также крупные капиталовложения, которые должны быть списаны или передислоцированы, прежде чем появится новая система. Главным препятствием является не столько стоимость или трудность создания достаточно большого административного аппарата для координации всех изменений, хотя и это представляет собой немалую проблему. Подлинная трудность заключается в необходимости перестройки взглядов специалистов и общественного мнения, чтобы они поняли новый принцип планирования и поверили в него. А принцип этот состоит в том, чтобы планировать не то, что осуществимо в данный момент, а то, что *станет осуществимым* к моменту, когда планы начнут претворяться в жизнь.

Применение

Этот метод пригоден: а) когда существующая система очевидным образом неспособна обеспечивать удовлетворение потребностей и б) когда инициатор проекта обладает достаточной властью, чтобы оказать влияние на множество организаций, которые будут затронуты проектируемым изменением компонентов системы, призванным обеспечить ее удовлетворительное функционирование.

Обучение

Как указано выше, основная трудность состоит не в том, чтобы найти путь трансформации, а в том, чтобы перевоспитать людей, на которых скажутся вводимые изменения. В случае с автоматизацией движения прежде всего сле-

дует обратить внимание на специалистов по городскому планированию и на инженеров дорожного транспорта. К сожалению, все их знания, навыки и опыт, как правило, основаны на убеждении, что такие компоненты, как дороги и автомобили, вечны и неизменны. Первоочередной задачей является подготовка универсальных специалистов, чьи интересы не привязаны к физическому, социальному и концептуальному статусу кво.

Стоимость и время

Время, необходимое на разработку концепции преобразования системы, составляет незначительную долю времени, необходимого для планирования связанных с этим цепочек последовательных изменений. Ясно, что, если бы описанная здесь трансформация была начата в 1959 г., мы могли бы уже сейчас пожинать плоды решения проблемы транспортных заторов. Потеряв это время, мы увеличили стоимость решения проблемы, а реализацию выгод, которые мы получили бы от ее частичного решения, задержали по сравнению с 1959 г. на целое десятилетие.

Библиография

Брюнинг [110], Джонс [108], Сасаки [109].

11.5. Проектирование нововведений путем смещения границ

Цель

Сместить границы нерешенной проектной проблемы, чтобы для ее решения можно было использовать знания из смежных областей.

План действий

1. Выявить существенные функции какого-либо устройства, которое способствовало бы достижению поставленной задачи.
2. Выявить противоречия между существующими средствами выполнения этих

функций в рамках предполагаемых границ проблемы.

3. Выявить знания, выходящие за предполагаемые границы проблемы, которые можно было бы использовать при трансформации проблемы.

4. Найти сопоставимые промежуточные решения проблемы, которые проложили бы путь к частичному или полному использованию знаний из смежных областей.

Пример

Найти способ, позволяющий слепым читать книги и газеты. (Этот пример приводится также в разд. 8.1.)

1. Выявить существенные функции какого-либо устройства, которое способствовало бы достижению поставленной задачи.

Устройство для слепых должно иметь средства для:

- а) сканирования печатного текста;
- б) преобразования сканируемого печатного текста в сигналы, воспринимаемые без участия зрения.

2. Выявить противоречия между существующими средствами выполнения этих функций в рамках предполагаемых границ проблемы.

Важными аспектами, связанными с чтением вслепую и с участием зрения, были признаны следующие:

а) Существующие вспомогательные средства для чтения вслепую используются мало, так как даже при большой практике слепым удается читать всего лишь со скоростью 5–10 слов в минуту.

б) Скорость речи 100–200 слов в минуту, а книги можно читать со скоростью 300–1000 слов в минуту.

в) Для преобразования текста в речь потребовалось бы распознающее устройство, которое стоило бы дороже крупной цифровой ЭВМ.

г) Слепые зарабатывают мало и не могут позволить себе приобретать дорогие приборы.

Главное противоречие состоит в том,



что стоимость распознающих текст устройств очень высока (включает стоимость вмонтированного в прибор блока памяти), а заработок слепых очень мал. Второстепенное противоречие состоит в том, что скорость чтения зрячих очень высока, а чтения слепых с помощью существующих вспомогательных средств (без использования распознающих устройств) очень низка.

3. Выявить знания, выходящие за предполагаемые границы проблемы, которые можно было бы использовать при трансформации проблемы.

Широкий поиск релевантных средств показал наличие больших возможностей; четыре из них, которые кажутся наиболее перспективными, приведены ниже. (Сам по себе выбор соответствующих средств требует навыка и интуиции, от которых в значительной степени зависит успешное применение метода; см. разд. 8.1.)

а) Большое количество свободного времени, которое слепые могут уделить обучению пользоваться каким-то прибором, который позволит им увеличить их заработок.

б) Наличие в мозгу человека "распознающей машины," не поврежденной слепотой.

в) Способность мозга к распознаванию главным образом по контексту и памяти и лишь частично по сигналам, соответствующим форме букв и слов.

г) Способность руки быстро двигаться, реагируя на сигналы мозга. Эту способность можно использовать для управления сканирующим устройством по методу, напоминающему движение глаз.

4. Найти сопоставимые промежуточные решения проблемы, которые проложили бы путь к частичному или полному использованию знаний из смежных областей.

Возможен следующий ряд промежуточных решений:

а) Дешевое и простое светочувствительное устройство, преобразующее явные различия между буквами и словами в звуковые сигналы.

б) Программа обучения, направленная на то, чтобы научить слепых быстро распознавать буквы и слова, используя в *максимальной* степени контекст и в *минимальной* степени звуковые сигналы, соответствующие форме букв и слов.

в) Небольшое ручное сканирующее устройство, позволяющее избежать расходов на механизированное приспособление и обеспечивающее быструю реакцию на "сигналы о пропуске", посылаемые мозгом, как только читатель схватывает из контекста значение неп прочитанных еще букв, слов, выражений, предложений и т.д.

Этот пример является обобщением записей, сделанных при разработке опытного образца подобного устройства, которое должно было позволить слепым читать со скоростью примерно 100 слов в минуту. Поиск средств, обеспечивающих решение проблемы, потребовал изучения большого количества литературы по визуальному восприятию, движению глаз, восприятию азбуки Морзе, скоростной машинписи, скоростному чтению, машинам, распознающим образы, и по теории связи. Прибегли также к консультациям нескольких экспертов в данных областях. Смещение границ, потребовавшееся в данном случае для нахождения решения проблемы, показано на рис. 11.7.

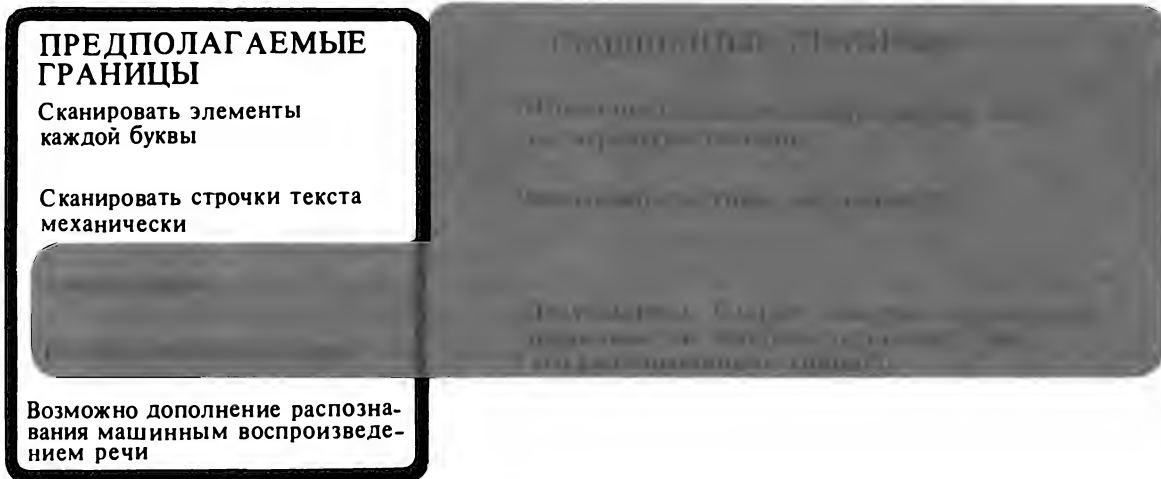


Рис. 11.7

Замечания

Эта методика призвана на несколько лет сократить время, необходимое на получение знаний из других, далеких областей и применить их к нерешенным проектным проблемам. В приведенном примере, прежде чем прибегнуть к методу смещения границ, много человеко-лет было потрачено на другие бесплодные поиски в рамках предполагаемых границ проблемы. Однако знания, необходимые для смещения границ и перехода в более перспективную область поисков, существовали задолго до того, как возник метод смещения границ. Можно предположить, что без целенаправленного изучения других областей знаний шансы достижения соответствующего смещения границ весьма невысоки.

Основные трудности использования данной методики заключаются в следующем:

- а) Определение функций на таком уровне общности, который включал бы возможность разрешения противоречий, но исключал бы неоправданно широкий поиск новых решений и средств.
- б) Выбор областей знания, в которых есть вероятность отыскания новых возможностей, и определение наиболее подходящей литературы и наилучших экспериментов в данных областях.
- в) Изменение структуры проблемы в свете *структуры* знания в других областях.

г) Определение главных и второстепенных трудностей.

Применение

Эта методика предназначена для рассмотрения тех проблем, для которых в настоящее время не имеется практически осуществимого решения.

Обучение

Научиться применять этот метод нетрудно, если специалист готов и способен понять структуру и принципы, лежащие в основе незнакомых ему областей знания, по которым ему следует изучить литературу и консультироваться с соответствующими специалистами.

Стоимость и время

На поиск литературы, консультации и освоение структуры знаний в незнакомых областях может потребоваться несколько недель или месяцев. А на выявление функций, противоречий и границ проблемы может уйти день или два.

Библиография

Это первая публикация по изложению данного подхода как формальной процедуры. Несомненно, имеется много случаев успешной разработки новых конструкций в результате смещения границ для исследования знаний из других областей. Первая ссылка на устройство для чтения вслепую приведена в работе Джонса [111].

11.6. Проектирование новых функций

Цель

Создание радикально новой конструкции, способной привести к новым моделям поведения и спроса.

План действий

1. Выявить функции каждого конкретного элемента существующего решения.
2. Охарактеризовать основную функцию, для которой указанные функции являются вспомогательными.
3. Охарактеризовать изменения основной функции, которые могут привести к улучшению данной проектной ситуации.
4. Объединить решения пп. 2 и 3 для получения новой основной функции.
5. Найти альтернативные решения разделения новой основной функции на вспомогательные и закрепить каждую из них за новыми конкретными элементами.

Примеры

Три первых примера являются ретроспективными попытками выработать план действий, который мог бы привести от существующих конструкций к хорошо известным новшествам, последовавшим за ними. Указанный выше план действий является результатом анализа примеров из истории техники и развит здесь как обобщенная методика, которая может оказаться полезной будущим новаторам. Четвертый пример представляет собой запись мыслей автора, возникающих при применении этой методики для решения новой для него проблемы.

Пример 1

От опасной бритвы к безопасной.

1. Выявить функции каждого конкретного элемента существующего решения.

Конкретные элементы: лезвие, ручка, ремень. Функции: бритье, управление, правка лезвия.

2. Охарактеризовать основную функцию, для которой указанные функции являются вспомогательными.

Бритье, управление и правка, вместе взятые, являются "средством для бритья волос на лице (предварительно намыленном)".

3. Охарактеризовать изменения основной функции, которые могут привести к улучшению данной проектной ситуации.

Было бы очень полезно, если бы бритье стало более безопасным занятием и отпала необходимость в правке лезвия.

4. Объединить решения пп. 2 и 3 для получения новой основной функции.

"Средство для бритья волос на лице (предварительно намыленном) с малой степенью вероятности пореза лица и без дополнительной операции правки лезвия".

5. Найти альтернативные решения разделения новой основной функции на вспомогательные и закрепить каждую из них за новыми конкретными элементами.

В результате исследований с применением некоторых из описанных в этой книге методов были выбраны следующие вспомогательные функции и элементы, предназначенные для их выполнения:

Новые вспомогательные функции	Новые элементы
Бритье	Кромка лезвия
Стабилизация режущего элемента	Зажим лезвия
Передача усилия на режущий элемент	" "
Регулировка угла резания	" "
Регулировка движения	Ручка
Передача усилия руки	"
Поддержание остроты лезвия	Замена лезвия

Сведения об изобретении безопасной бритвы (Джойкс и др. [112]) говорят о том, что Жиллетт не руководствовался данной методикой. Он задался целью создать изделие разового пользования, на котором он мог бы нажить состояние. Жиллетт утверждает, что идея

лезвия разового пользования "осенила" его в процессе бритья (в 1895 г.).

Цель приведенного примера – показать, что на основе ретроспективного анализа можно вывести упорядоченную методику получения изобретений и использовать ее для целенаправленного изобретательства в будущем. Точно таким же путем можно рассмотреть и новые наборы вспомогательных функций, например тот, который лежит в основе создания электробритвы.

Отыскание новых вспомогательных функций – дело очень трудное: отчасти потому, что всегда бывает много альтернативных решений, которые все проверить невозможно, отчасти же потому, что трудно судить заранее о возможности практической реализации тех или иных конкретных элементов новой конструкции. Жиллетт не поверил предсказанию изготовителей стали в 1895 г., что одна и та же марка стали не сможет обеспечить одновременно очень малую толщину и очень острую режущую кромку. Ему пришлось ждать много лет, пока усилиями его коллеги, изобретателя Никкерсона, не был найден способ изготовления этого наиболее важного элемента безопасной бритвы.

Пример 2

От лавки до супермаркета.

1. Выявить функции каждого конкретного элемента существующего решения.

Элементы	Вспомогательная функция
Прилавок	Обеспечение временного хранения товаров и денег во время купли-продажи
Полки	Хранение товаров в доступном для персонала месте

2. Охарактеризовать основную функцию, для которой указанные функции являются вспомогательными.

"Способствовать обмену товаров широкого потребления на деньги покупателей".

3. Охарактеризовать изменения основной функции, которые могут привести к улучшению данной проектной ситуации.

"Торговля без задержки по вине продавца и увеличение товарооборота на одного торгового служащего".

4. Объединить решения пп. 2 и 3 для получения новой основной функции.

"Способствовать быстрому обмену дешевых товаров широкого потребления на деньги покупателей".

5. Найти альтернативные решения разделения новой основной функции на вспомогательные и закрепить каждую из них за новыми конкретными элементами.

В результате исследования сделан следующий выбор:

Новые вспомогательные функции	Новые элементы
Выбор и приобретение товаров непосредственно потребителем	Хорошо освещенные доступные стеллажи
Наблюдение персонала за входом и выходом покупателей и оплатой товаров	Объединенные пункты входа, выхода и оплаты товара

Реализация новых вспомогательных функций стала возможной благодаря введению расфасованных товаров, не требующих дополнительной упаковки продавцом.

Пример 3

От поршневого двигателя и пропеллера к реактивному двигателю.

1. Выявить функции каждого конкретного элемента существующего решения.

Элементы	Вспомогательные функции
Поршневой двигатель	Преобразование энергии горения жидкого топлива в энергию механического движения
Пропеллер	Преобразование энергии механического движения в силу тяги

2. Охарактеризовать основную функцию, для которой указанные функции являются вспомогательными.

”Преобразование энергии жидкого топлива в силу тяги”.

3. Охарактеризовать изменения основной функции, которые могут привести к улучшению данной проектной ситуации.

”Создание более высокой силы тяги при большем КПД и более высоких скоростях полета”.

4. Объединить решения пп. 2 и 3 для получения новой основной функции.

”Преобразование энергии жидкого топлива в большую силу тяги при высоких скоростях воздушного потока”.

5. Найти альтернативные решения разделения новой основной функции на вспомогательные и закрепить каждую из них за новыми конкретными элементами.

В реактивном двигателе осуществлено объединение элементов существующих конструкций газотурбинного и ракетного двигателей, что дает следующие элементы и вспомогательные функции:

Новые вспомогательные функции	Новые элементы
Всасывание воздуха	Впускное сопло
Ускорение воздуха	Компрессор
Преобразование топлива в газовый поток с высокой скоростью частиц	Камеры сгорания
Преобразование части энергии газа в энергию компрессора	Турбина
Направление газового потока и преобразование его энергии в силу тяги	Выхлопное сопло

Принципы действия реактивного двигателя были разработаны независимо друг от друга шестью учеными: Уиттлом, фон Охайном, Вагнером, Шельпом, Маухом и Гийомом. Большинство из них встретились со значительными трудностями при подборе соответствующих материалов, а также при определении формы лопаток турбины и камеры сгорания. Вначале они не находили поддержки со стороны крупных изготовителей авиадвигателей, которые, однако, в конечном счете сами и нашли практическое решение этих второстепенных, но в то же время и критически важных проблем.

Вероятно, ни один из перечисленных изобретателей не сделал своего открытия на основе изложенной здесь методики. Однако вполне возможно, что применение такой методики для анализа существующих конструкций, необходимость усовершенствования которых уже назрела, быстро могло бы указать диапазон целесообразных нововведений, даже без обращения к помощи выдающегося изобретателя. При всем этом сохраняется нужда в уверенности, решительности, понимании и даже в некотором неведении (позволяющем настойчиво продолжать длительные поиски практически осуществимых компонентов).

Пример 4

Создать новое изделие, способное заменить педальный велосипед (сказанное ниже представляет собой запись мыслей автора в процессе применения метода проектирования новых функций для решения новой проблемы).

1. Выявить функции каждого конкретного элемента существующего решения.

Элементы	Вспомогательные функции
Рама	Крепление всех элементов
Седло	Опора для тела человека
Педали	Преобразование движений ног во вращательное движение колес
Цепь и шестерни	Обеспечение движений ног с удобной для человека скоростью в удобном для него положении
Заднее колесо	Преобразование вращательного движения колеса в силу тяги, одна из опор для всей конструкции
Переднее колесо	Преобразование поворотного движения рулевой колонки в усилие управления, одна из опор для всей конструкции и обеспечение боковой устойчивости
Руль	Преобразование движения рук в поворотное движение рулевой колонки
Тормоза	Преобразование усилий пальцев в торможение скорости движения

(На этом этапе функцией шин было решено пренебречь. Функция "боковая устойчивость" вначале не была предусмотрена, но добавлена после завершения этапа 5.)

2. Охарактеризовать основную функцию, для которой указанные функции являются вспомогательными.

Основную функцию можно сформулировать следующим образом:

"Дать возможность человеку использовать свою мускульную силу для приведения в движение транспортного средства, для управления им и торможения, освободив человека от необходимости поддерживать вес своего тела". Основная функция может, в свою очередь, рассматриваться как средство удовлетворения еще более важной функции, а именно "увеличения диапазона и свободы движения одного человека". Однако эту функцию выполняют многие виды транспортных средств, она звучит слишком общо и в данном случае не пригодна.

3. Охарактеризовать изменения основной функции, которые могут привести к улучшению данной проектной ситуации. Падение популярности педального транспорта связано со следующими изменениями проектной ситуации: возможность для большого числа людей пользоваться личными автомобилями и общественным транспортом; большой риск езды на двухколесном, открытом и медленном средстве транспорта в условиях интенсивности уличного движения на высоких скоростях; нежелание людей пользоваться транспортными средствами, требующими значительного мускульного напряжения и не защищающими человека от непогоды.

Можно сделать вывод о том, что новое изделие, которое могло бы с успехом

заменить велосипед, должно отвечать следующим требованиям:

- а) оно должно быть не опаснее личных автомобилей;
 - б) защищать человека от непогоды;
 - в) требовать незначительного мускульного напряжения (посильного для людей с сидячим образом жизни).
- Но оно может при этом также
- г) допускать значительное повышение затрат для потребителя.

4. Объединить решения пп. 2 и 3 для получения новой основной функции.

Анализ изменения функции позволяет сделать вывод, что сейчас личный автомобиль полностью заполняет ту функциональную брешь, которую он прежде заполнял совместно с велосипедом. Однако, как мы видели, принципиальная функция велосипеда заключается в облегчении для движущегося человека статической функции поддержания веса своего тела. Если мы сосредоточимся только на этой функции и учтем предложенные выше изменения, то новую основную функцию можно сформулировать следующим образом: "Средство освобождения человека от необходимости поддерживать вес своего тела во время движения при умеренном мускульном напряжении и при мускульном управлении, защищенное от непогоды, не более опасное для человека, чем личный автомобиль, но требующее значительно больших материальных затрат, чем педальный транспорт".

5. Найти альтернативные решения разделения новой основной функции на вспомогательные и закрепить каждую из них за новыми конкретными элементами.

В первом приближении это разделение и закрепление вспомогательных функций можно выполнить следующим образом:

Новые вспомогательные функции	Новые элементы
Поддержка веса тела	Мягкое сиденье или седло
Поддержка веса тела и экипажа	Опоры на воздушной подушке
Обеспечение силы тяги	Непосредственное движение ног
Обеспечение рулевого управления	" " "
Обеспечение торможения	" " "
Защита от непогоды	Существующие и новые здания или крытые дороги (т. е. использование только внутри помещений)
Защита от интенсивного уличного движения	Отдельные маршруты (например, пользование только специально выделенными дорожками)
Предотвращение чрезмерной затраты мускульной энергии	Использование только на ровной поверхности в безветренной среде

Этим условиям удовлетворяет простое транспортное средство с опорами на воздушной подушке, приводимое в действие усилием ног и предназначенное для использования внутри крупных зданий и, возможно, снаружи их на специальных дорожках в теплую безветренную погоду (рис. 11.8).

Реальное воплощение этой конструкции значительно отличается от современного педального велосипеда, но несколько напоминает старинные его образцы в том отношении, что ноги работают непосредственно на земле.

Здесь нет возможности подробно рассмотреть практическую осуществимость и полезность такого транспортного средства, но сразу можно сказать, что подобная машина действительно способна удо-

вальных усилий для приведения в движение этого экипажа на воздушных подушках и управления им можно легко обойти, предоставив решение этой проблемы всецело на усмотрение пользователя, который может здесь проявить свою ловкость и изобретательность. Очевидно также, что мускульное усилие будет значительно меньше, чем при педальном транспорте (по крайней мере при встречном ветре и на подъеме) и и что на это транспортное средство будет легко садиться и легко слезать с него, а вероятные низкая скорость и высокая маневренность сделали бы это изделие более приемлемым для использования внутри помещений, чем педальный транспорт с его неустойчивостью и вызываемой этим относительно высокой ско-

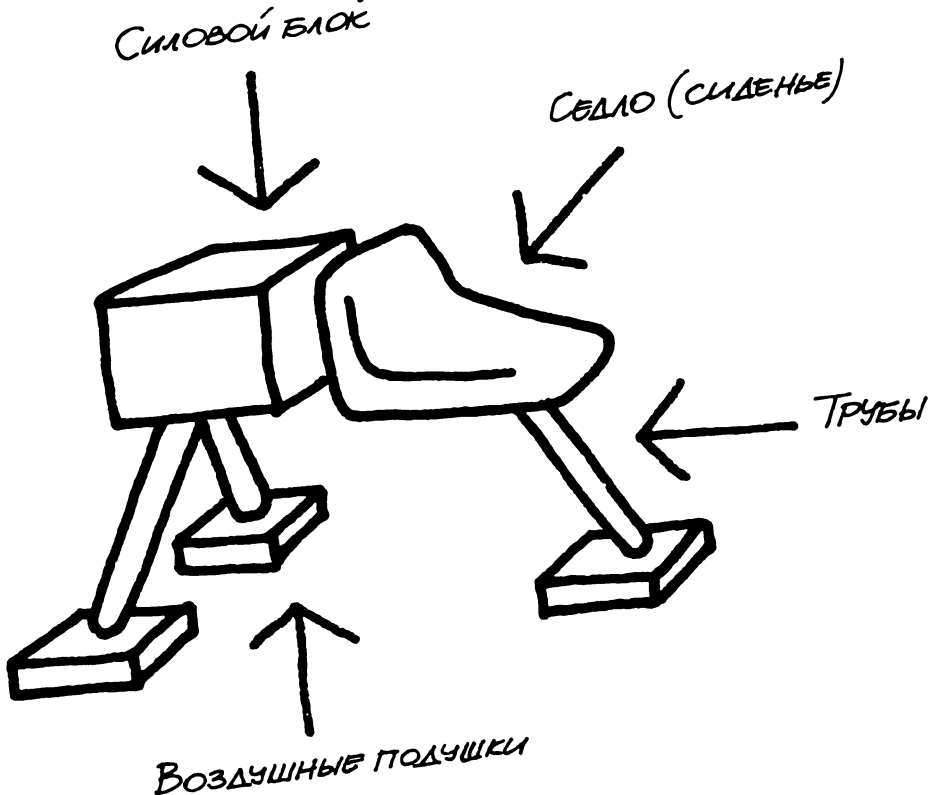


Рис. 11.8

влетворить скрытую потребность в индивидуальном транспорте для использования внутри и около больших зданий, например в аэровокзалах, магазинах и на крупных предприятиях. Автору кажется, по крайней мере на первый взгляд, что трудности создания горизон-

ростью. Однако почти ничего нельзя сказать о ценности этой идеи, не выяснив ее практическую реализуемость и не изучив спрос на такое устройство. Но важно отметить, что такая конструкция "стула на воздушных подушках" почти автоматически вытекает из строгого при-

менения метода функционального изобретательства и что для порождения этой идеи потребовалось не больше времени, чем для ее описания. Этот пример не является видоизмененным вариантом какого-либо прошлого изобретения — он описывает действительный процесс формирования новой идеи. Автор убежден, что при наличии определенного опыта в составлении функциональных описаний не трудно, используя подобный метод, сделать ряд полезных изобретений.

Замечания

Можно сказать, что изобретательство и новаторство отличаются от проектирования в том отношении, что они требуют больших изменений в группировании как *функций*, так и *физических элементов*. Можно также сказать, что их отличает друг от друга то, что изобретение — это идея, которая оказывается практически осуществимой, а нововведение — это идея, не только практически осуществимая, но и создающая новую потребность. Предложенная здесь методика направлена только на формализацию поиска новой идеи; она не уменьшает трудности прогнозирования практической осуществимости идеи и социально-экономической реакции на нее. Однако эта методика включает на существенно важном этапе 3 целенаправленный поиск социально приемлемых задач, включенный в "новую основную функцию" на этапе 4. Таким образом, окончательная идея должна содержать в себе как элемент изобретения, так и элемент нововведения и быть направленной на удовлетворение практических и социальных потребностей.

Интересно задуматься над причинами того сильного, по-видимому, иррационального сопротивления, которое часто встречают новые решения и изобретения. Происходит ли это потому, что новая структура функций, на которой основано изобретение, предполагает наличие новой общественной ситуации, отличной от существующего положения вещей? Изобретение не может стать нововведением до тех пор, пока люди, на которых это изобретение может оказать влияние, не изменят в какой-то степени предположений, на которых строятся их действия. Как только мы

признаем, что идеи — это не кратковременные функции ума, а необходимая предпосылка любого действия человека, мы поймем, как мала вероятность того, чтобы новую идею одного человека воплотили другие люди.

Имеется обширное поле деятельности для оценки отношений и предпочтений людей и измерения скорости, с которой существующие идеи способны изменяться в зависимости от конкретного нового изобретения.

Применение

Метод проектирования новых функций предназначен для ситуаций, в которых существующие конструкции почти достигли пределов своего развития и в которых среда изменилась в физическом, экономическом, концептуальном и социальном отношении по сравнению с временем создания первоначальной конструкции.

Обучение

Понять предложенную здесь методику нетрудно, но трудно овладеть достаточными знаниями о происходящих изменениях в среде и ее потенциальных возможностях, чтобы сделать выводы о практической осуществимости новых конкретных элементов и о вероятности благоприятной реакции общества на новое изделие. В отличие от изобретателя автор новой функции — человек, который может найти область перекрытия физической и социально-экономической реализуемости. Перцептуальные навыки инженера и представителя деловых кругов не столь часто совмещаются в одном человеке, поэтому предлагаемая здесь методика может способствовать сотрудничеству инженера-изобретателя и чуткого к нововведениям руководителя промышленности.

Стоимость и время

Затраты времени и средств на изучение этой методики ничтожны. Средства же и время, необходимые на решение проблем практической реализации новых идей, могут быть очень велики. Еще более дорогостоящим может оказаться неправильная оценка социальной и экономической приемлемости новых идей.

Библиография

Джонс [74], Джюйкс, Сойерс и Стил-пермен [112].

11.7 Определение компонентов по Александру

Цель

Найти правильные физические компоненты конкретной структуры, которые можно было бы изменять независимо друг от друга в соответствии с последующими изменениями среды.

План действий

1. Выявить все требования, оказывающие влияние на формирование конкретной структуры.
2. Определить, является ли каждая пара требований независимой или нет, и зафиксировать каждое решение в матрице взаимодействий.
3. Разложить матрицу на группы с тесной внутренней взаимосвязью и слабой связью между группами. Это и будут "правильные" компоненты.
4. Разработать конкретные компоненты для каждого набора требований.
5. Скомпоновать из этих новых компонентов новую конкретную структуру или ввести некоторые новые компоненты в конкретные существующие системы.

Пример

Поскольку знаменитый пример Александра с проектированием индейской деревни (Александр [4]) связан со специфическим образом жизни индейцев, неизвестным многим читателям этой книги, здесь приводится более традиционный пример. Это проблема отыскания правильной планировки для группы жилых зданий, пристраиваемых к какому-либо городу. (Пример дается по книге Чермаева и Александра [113].)

1. Выявить все требования, оказывающие влияние на формирование конкретной структуры.

Ниже дается перечень 33 требований.

1. Эффективные стоянки для личных автомобилей жителей и их гостей, наличие достаточного места для маневрирования автомобилей.
2. Места для временной стоянки автомобилей служб быта и доставки грузов.
3. Места для групп обслуживания. Навесы в местах доставки грузов и в местах ожидания. Средства информации; ящики для корреспонденции, бандеролей и грузов; места для хранения тележек.
4. Место для обслуживания и контроля коммунальных установок. Телефон электричество, водопровод, канализация система центрального отопления, газ, кондиционирование воздуха, мусоросжигательные станции.
5. Места для отдыха и прогулок. Детские площадки и площадки для игр.
6. Индивидуальные входы в квартиру. Защищенный подъезд, навес над площадкой для нескольких человек, устройства для удаления грязи с обуви.
7. Удобное и достаточно просторное место для личных встреч; общественная прачечная, помещения для хранения верхней одежды и переносных вещей, а также места для колясок, тележек, велосипедов и т.д.
8. Фильтровальные установки для очистки воздуха от запахов, вирусов, бактерий, грязи. Экраны для защиты от насекомых, пыли, мусора, сажки, отбросов.
9. Улавливатели насекомых и паразитов, заграждения от пресмыкающихся, птиц, млекопитающих.
10. Одностороннее наблюдение за прибывающими посетителями. Односторонний обзор пространства у входа и въезда.
11. Места входа и въезда, которые можно надежно охранять.
12. Изоляция детей и животных от проезжей части.
13. Отделение пешеходной дорожки от проезжей части.
14. Защита водителей при переходе от зоны быстро движущегося транспорта к пешеходным зонам.
15. Предохранение мест въезда и входа от воздействий: перегрева, ветра, луж, льда и снега.
16. Противопожарная защита.
17. Четкие границы в получастной сфере: между соседями, между съемщиками и управляющим домом.
18. Четкие границы между получастной и общественной сферами.

19. Поддержание достаточной освещенности и отсутствие резких световых контрастов.

20. Контроль за источниками шума от грузового транспорта, легковых автомобилей, других машин и механизмов.

21. Контроль за источниками шума, создаваемого в общественной сфере.

22. Средства защиты жилища от городского шума.

23. Средства снижения фона городского шума в пешеходной зоне.

24. Средства защиты жилища от местного шума.

25. Средства защиты наружных зон от шума, создаваемого в прилегающих к ним зонах.

26. Возможность беспрепятственного подъезда автомобилей в часы "пик".

27. Возможность въезда и выезда автомобилей в экстренных случаях: пожар, скорая помощь, реконструкция и ремонт.

28. Переход людей из автомобилей в жилище при минимальных расстояниях и затратах сил.

29. Пешеходные тротуары без опасных или приводящих в замешательство резких изменений уровня и направления движения.

30. Безопасные и живописные места для пешеходных и велосипедных прогулок.

31. Изолированные места для свалки мусора, предотвращающие засорение окружающей среды.

32. Эффективная организация службы быта и размещение приемных пунктов.

33. Частичная защита от атмосферных воздействий пространств между стоянкой автомобилей и жилищем.

Александр указывает, что этот перечень должен включать все требования, имеющие какое-либо отношение к формированию конкретной системы.

2. Определить, является ли каждая пара требований независимой или нет, и зафиксировать каждое решение в матрице взаимодействий.

Два требования считаются взаимодействующими друг с другом, если любая попытка удовлетворить одно из них упрощает или усложняет удовлетворение другого и если такая взаимосвязь является естественной, а не случайной для этих двух требований (Александр

[4]). Матрица взаимодействий для данной проблемы показана на рис. 11.9.

Симметричность узора точек относительно диагонали, проведенной из левого верхнего угла в правый нижний, показывает, что каждое взаимодействие проявляется дважды. Поэтому труд по заполнению матрицы можно вдвое сократить без какой-либо потери информации.

Чермаев и Александер [113] приводят следующий пример, показывающий, каким путем они обнаруживают наличие или отсутствие взаимодействия:

"Рассмотрим требования, изложенные в п. 11:

"Места входа и въезда, которые можно охранять".

Если судить поверхностно, может показаться, что это требование могло бы быть связано с требованием, изложенным в п. 6 ("индивидуальные входы в квартиру"), поскольку оба они связаны с физической возможностью что-то закрывать. Но наличие контролируемого закрывающего устройства не обеспечивает эффективного преграждения или облегчения доступа внутрь. С другой стороны, хотя в п. 11 не упоминаются акустические аспекты, если подумать о физическом воплощении устройства, например о весе, размере и плотности подгонки двери к косякам, то сразу можно увидеть связь между требованиями пп. 11 и 21 — регулирование шума. Конечно, сам тот факт, что вход или доступ должен контролироваться, с проблемами шума никак не связан. Но если вход должен полностью закрываться, значит, дверь должна быть плотно пригнана, а это качество и относительно небольшие размеры дверей, как и простота их конструкции, позволяют легче решить проблемы защиты от шума и атмосферных воздействий".

Это объяснение довольно трудно понять. В требованиях п. 11 указывается, что места доступа должны "охраняться", что скорее наводит на мысль о мерах безопасности, чем о защите от атмосферных явлений. Может возникнуть мысль и о том, что "охрана" двери имеет отношение к требованию п. 6 — обеспечению индивидуального входа, а что п. 21 "контроль за источниками шу-

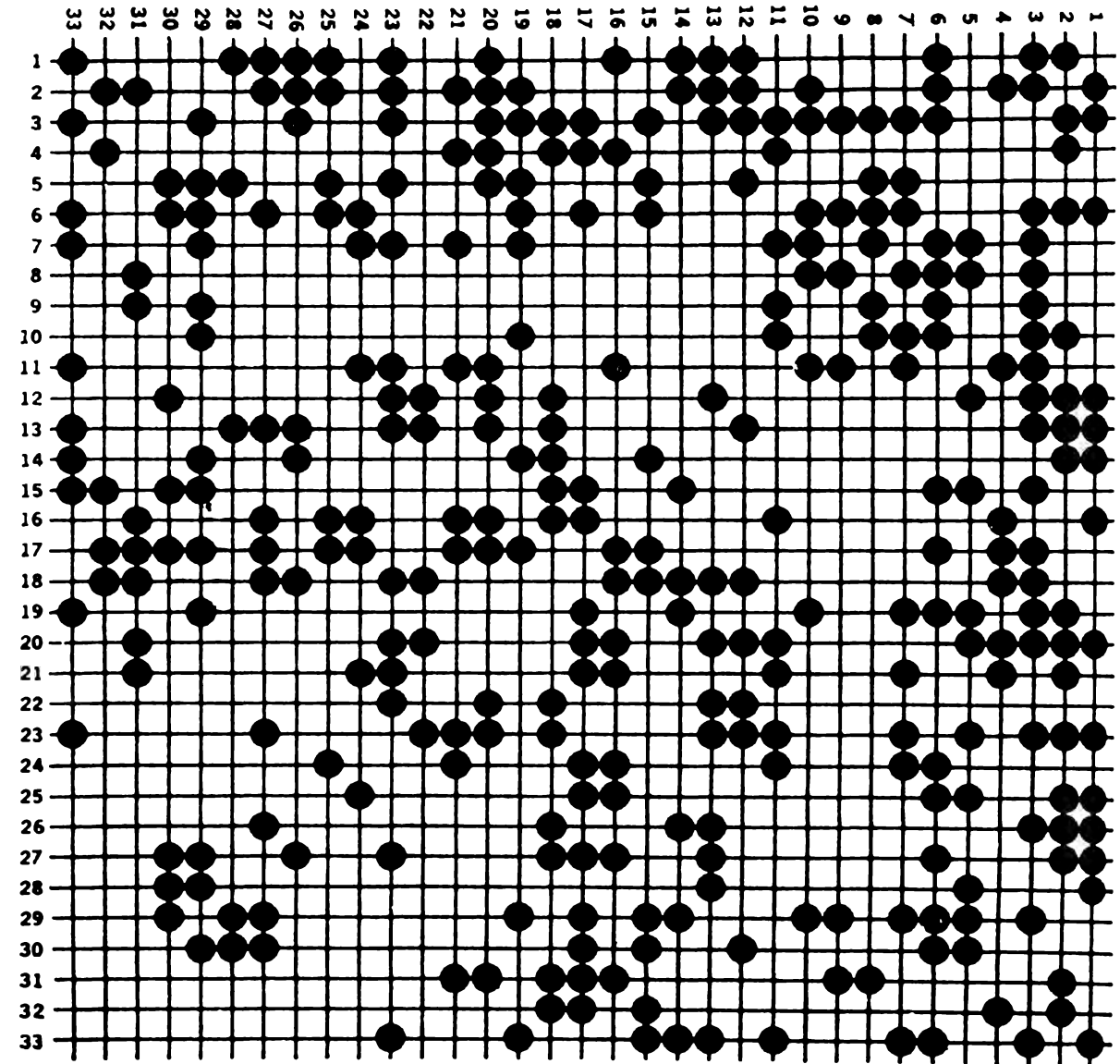


Рис. 11.9

ма, создаваемого в общественной сфере”, относится к снижению шума автомобилей, а не к плотности закрывания дверей.

Трудно понять, каким образом автор пришел к решениям, зафиксированным в матрице (рис. 11.9), и вполне вероятно, что другие специалисты могли бы выявить совсем другие модели взаимодействия. В ответ на эти критические замечания Александер прислал автору объяснения по поводу того, что он имел в виду под “индивидуальным входом” и “контролем за источниками шума”; при этих субъективных значениях схема взаимодействия приобретает смысл. Он

разъясняет, что метод может быть полезен проектировщику лишь в ограниченной мере, позволяя ему осознать структуру его собственных размышлений, но не является средством проверки этих мыслей по отношению к реальной действительности.

3. Разложить матрицу на группы с тесной внутренней взаимосвязью и слабой связью между группами. Это и будут “правильные” компоненты.

Имеется несколько вариантов первоначальной машинной программы, использованной Александером и Мангеймом [114] для декомпозиции матрицы. В

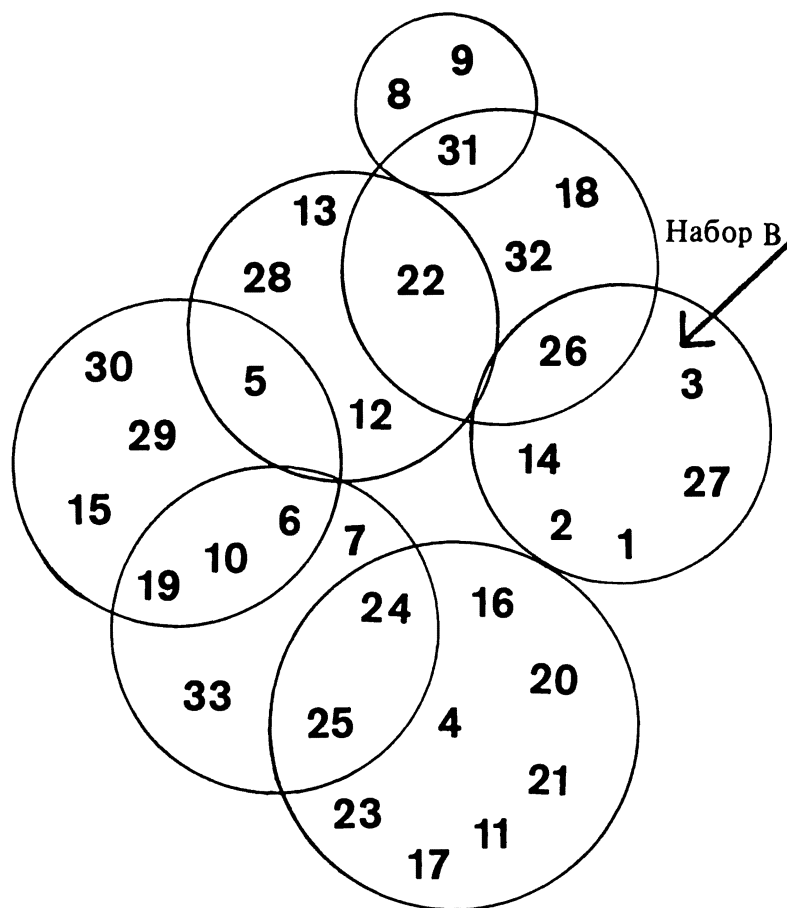


Рис. 11.10

каждом случае основной принцип — сокращение до минимума некой математической меры, характеризующей зависимость между группами.

Одна из таких мер основана на предположении, что информация передается от группы к группе, другая позволяет вычислить вероятность взаимодействия новых подсистем с одной или несколькими группами. Третья касается степени взаимосвязи между группами. Декомпозиция матрицы для данного примера приведена на рис. 11.10.

4. Разработать конкретные компоненты для каждого набора требований.

Подробное описание каждого набора требований дается Чермаевым и Александром [113].

Конкретные компоненты, разработанные для каждого набора требований, довольно нечетко определяются графическими схемами типа показанной на рис. 11.11. Такая нечеткость представляется преднамеренной и довольно ра-

зумной попыткой предусмотреть возможность внесения изменений на следующем этапе при объединении этих компонентов. Примером типичного компонента является компонент В, предназначенный для удовлетворения перечисленных ниже требований.

Компонент В

1. Эффективные стоянки для личных автомобилей жителей и их гостей, наличие достаточного места для маневрирования автомобилей.
2. Места для временной стоянки автомобилей служб быта и доставки грузов.
3. Места для групп обслуживания. Навесы в местах доставки грузов и в местах ожидания. Средства информации; ящики для корреспонденции, бандеролей и грузов; места для хранения тележек.
14. Защита водителей при переходе от зоны быстро движущегося транспорта к пешеходным зонам.

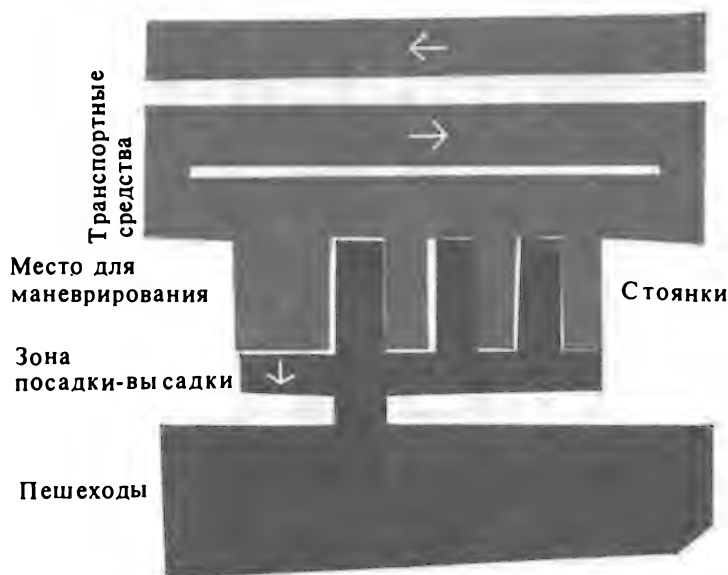


Рис. 11.11

26. Возможность беспрепятственного подъезда автомобилей в часы "пик".

27. Возможность въезда и выезда автомобилей в экстренных случаях: пожар, скорая помощь, реконструкция и ремонт.

Схема этого компонента и обоснование его формы даны на рис. 11.11 и в "анализе В".

Анализ В

Требования в пп. 26 и 14 предусматривают наличие беспрепятственного одностороннего потока движения транспорта вдоль и параллельно основной транспортной артерии, которая также должна быть односторонней. Подъезд под углом справа был бы опасен. Въезд и выезд разделены, чтобы не создавать заторов.

Требование п. 14 не допускает отсечения въезжающим транспортом стоянок от пешеходных зон, так что к каждому автомобилю должна вести защищенная пешеходная дорожка; зоны для посадки-высадки и стоянки не могут просто примыкать друг к другу, а должны сливаться, входя одна в другую.

Пункты 1 и 2 требуют разделения зон для индивидуального и общественного транспорта. Это облегчает удовлетворение требований п. 3, поскольку жители должны подходить к приемным пунктам с одной стороны, а работники служб быта — с другой.

Запасные подъездные пути, оговоренные в п. 27, должны быть всегда свободны и никогда не использоваться в обычных ситуациях. Чтобы избежать чрезмерного завышения необходимого пространства, используется единственное свободное место — зона разгрузки, оговоренная в пп. 2 и 3 (водители автомашин, доставляющих грузы, всегда находятся при них и могут сразу же в случае необходимости отогнать свои машины).

Здесь снова трудно в точности понять, что именно авторы имеют в виду; опять создается впечатление, что классифицируются субъективные мысли человека вплоть до точки, когда он в состоянии принять решение, но не до той точки, когда результаты могут быть проверены и поняты другими специалистами.

Замечания

Этот метод предназначен для преодоления фундаментальных трудностей проектирования: трудностей, связанных с прогнозированием и осознанием модели взаимосвязей, которые возникнут в процессе эксплуатации нового объекта. Александер пытается "объективировать", т.е. вывести из мозга человека наружу весь этот сложный процесс, с помощью которого такие модели интуитивно предугадываются и распознаются.

К сожалению, эта первая попытка решить столь нужную и сложную проблему не увенчалась полным успехом. Для того чтобы метод достиг своей цели, приходится сделать три сомнительных допущения:

а) *Предполагается, что субъективные наблюдения, беседы и мысли проектировщика способны дать адекватные средства отражения всего, что может повлиять на проектируемый объект или испытать его влияние.* Вполне вероятно, что неапробированные высказывания проектировщика по данной проблеме в большей степени отражают структуру его памяти, чем объект, который он пытается описать. Метод со столь претенциозными целями должен был бы опираться на объективные наблюдения, т.е. на такие наблюдения, которые не зависят от субъективных особенностей наблюдателя. Должна также иметься некоторая гарантия "необходимого разнообразия" информации, подготовленной для анализа на ЭВМ, т.е. она должна иметь по меньшей мере такое же количество возможных состояний, как и прогнозируемый объект.

б) *Предполагается, что "взаимодействие", как его определяет Александр, не зависит от окончательного решения.* Как показал Лакмен (разд. 11.3), неверно, что два требования взаимодействуют друг с другом, если любая попытка удовлетворить одно из них упрощает или усложняет удовлетворение другого. Далеко не все способы удовлетворения одного требования могут вступить в противоречие со всеми способами удовлетворения другого. Отсюда следует, что сеть взаимодействий зависит от ряда промежуточных решений, предусмотренных на начальном этапе проектирования. Отсюда также следует, что проектировщик может найти удачные конкретные наборы промежуточных решений, в которых полностью исключены нежелательные взаимодействия. Схема Александра — это лишь одна из огромного количества подобных схем, которые могут возникнуть в результате различной трактовки одной и той же проблемы. Поэтому "правильные" компоненты, выведенные по этому методу, могут изменяться в зависимости от психологических особенностей проектировщика.

в) *Предполагается, что дополнения и изменения, вводимые в систему в будущем, сами по себе не изменяют схемы взаимодействий и характера наборов, из которых состоит данная схема.* На самом же деле новые реалии могут изменить и то и другое.

Вероятно, имеется какой-то способ так видоизменить этот метод с учетом высказанных замечаний, чтобы не упустить всех его потенциальных возможностей. Такая попытка была бы весьма полезна. Александр [105] не скрывает, что ему хорошо известны эти критические высказывания. Поэтому трудно понять, почему он все же продолжает развивать этот метод как средство прогнозирования платоновской "истины" в проектной ситуации. Возможно, в новой книге Александра [115] будет изложена та долгожданная теория, которая избавит как автора, так и всех остальных от ряда неопределенностей; это те неопределенности, которых до сих пор не удавалось избежать в проектировании, как, впрочем, и в жизни!

Применение

В представленном виде метод не достигает целей, на которые он претендует. Он, однако, до настоящего времени является самой сложной и широко задуманной попыткой систематизировать процесс проектирования. На его основе уже можно создать полезную методику, хотя и с ограниченной сферой применения. Метод, безусловно, обладает тем достоинством, что помогает проектировщикам увидеть связи, существующие между а) намечаемыми ими промежуточными решениями и б) возможными структурами проблемы в целом.

Обучение

Никто не может рассчитывать на то, что ему сразу удастся составить матрицу без совершения ряда ошибок, на устранение которых уйдет много усилий. Требуются также некоторые познания в области теории графов, чтобы уметь модифицировать сложные программы ЭВМ в соответствии с каждым конкретным случаем. Кроме того, нужны солидные таксономические навыки, чтобы можно было обсуждать проблемы проектирования на

достаточно абстрактном языке. Последнее необходимо, чтобы можно было сформулировать большое число требований того же иерархического уровня. Эти навыки имеют важное значение для успешного использования многих проектных методов, в особенности методов гл. 11.

Стоимость и время

Александр указывает, что ему потребовалось несколько месяцев, чтобы сформулировать 140 требований, относящихся к проектированию индейского поселка, и выявить их взаимодействия. Легко недооценить количество времени, необходимого для составления матрицы, особенно в тех случаях, когда для проверки каждой единицы информации в матрице требуется выполнение ряда действий, каждое из которых отнимает более нескольких секунд на пару символов.

Библиография

Александр [4, 105, 115], Александр и Мангейм [114], Чермаев и Александр [113].

11.8. Классификация проектной информации

Цель

Разделить проектную проблему на подпадающие решению части.

План действий

1. Записать на отдельной карточке каждую единицу информации, собранной в результате исследования проектной ситуации.
2. Классифицировать карточки по альтернативным наборам категорий до тех пор, пока не будет найден набор, соответствующий как зафиксированным данным, так и субъективной точке зрения проектировщика на проблему.
3. Использовать отобранные наборы категорий как основу для индексации информации, собранной на более позднем этапе, для разбивки проблемы на части с целью последовательной или параллельной работы над ними, а также для проб-

ной идентификации переменных величин и взаимосвязей между ними.

4. Пересмотреть классификацию на более позднем этапе, если появятся противоречивые доказательства, изменятся задачи или точка зрения проектировщика на проблему.

Пример

“Описать и проанализировать проблему автомобильного сиденья” в качестве основы для исследований и разработок, финансируемых фирмой – изготовителем автомобильных сидений. Эта работа была начата в 1962 г. для фирмы “Кокс оф Уотфорд, Лтд” (ныне “Кокс оф Ноттингем”, Англия) и выполнена автором и его коллегами (Джонс, Грей и Уорд [116]) совместно с сотрудниками отдела дизайна фирмы-изготовителя.

1. Записать на отдельной карточке каждую единицу информации, собранной в результате исследования проектной ситуации.

Задача, поставленная изготовителем так, как она сформулирована выше, была понята как поиск переменных, которые:

- а) в значительной степени влияют на комфортность автомобильного сиденья;
- б) могут контролироваться изготовителями автомобильных сидений.

Было решено составить максимальную по объему и по разнообразию выборку информации по автомобильным сиденьям, какая только могла быть быстро собрана группой из трех человек, работающих неполный рабочий день в течение 2–3 месяцев. В качестве источников информации использовались:

Публикации: научные доклады по антропометрии, о реакциях человека на вибрации, о положении “сидя” и т.д.; технические доклады инженеров и других специалистов, отвечающих за проектирование сидений; автомобильные журналы (в особенности объявления о новых изобретениях, улучшающих комфортность сиденья).

Интервью: со специалистами, занимающимися исследованиями комфортности сидений; с людьми, которым приходится

много ездить, например коммивояжерами, шоферами грузовых машин и такси.

Наблюдения: запись на ленте объективных показателей, проведенная исследовательской группой во время специально предпринятых поездок на большие расстояния, по хорошим и плохим дорогам, в автомобилях разного типа.

Оценка конструкций: критические замечания и суждения о конкретных конструкциях сидений, в особенности тех, что создаются для американских автомобилей будущего, и специальных сидений для гоночных автомобилей.

Мозговая атака: длительная свободная дискуссия при одновременном прослушивании записей и ознакомлении с данными, полученными из перечисленных выше источников.

Каждая мысль и каждый факт, представляющие интерес, записываются на отдельную карточку.

Вот примеры типовых записей:

"При повороте возникают боковые усилия".

"Слегка поворачивать сиденья при повороте автомобиля, чтобы пассажиры постоянно были обращены лицом в сторону поворота?"

"Неприятные ощущения от неудобства сидения проходят медленно".

"Некоторые предпочитают водить машину, вытянув руки вперед, другие — нет".

"Мягкое сиденье, создающее приятное ощущение комфорта в демонстрационных залах, может при длительных поездках оказаться очень неудобным".

"Предусмотреть для инвалидов специальное сиденье, выносимое в случае аварии вместе с человеком".

"Есть ли действительно основания не устанавливать сиденье над задней осью?"

"Централизованное управление для двух лиц, сидящих впереди, — пассажира и водителя (как в автомобилях будущего)".

"По-видимому, водители не могут хорошо отрегулировать более двух независимых положений сиденья".

"Себестоимость изготовления автомобильных сидений должна быть невысокой".

"Во время тестов с сиденьями, допускающими различные положения тела, люди меняют его каждые пять минут".

"Плохо обеспечена деятельность пассажиров во время длительных поездок — нет приспособлений для приема пищи, чтения, письма и т.д."

"Подголовник может предотвратить травму шейных позвонков".

"Неудобство сидения из-за отсутствия движений и плохой циркуляции крови".

"Аккерблом не рекомендует опоры в области бедер — автомобильная промышленность считает это необходимым".

"Джэклин предлагает следующую шкалу чувствительности к вибрациям:

по вертикали 1,

в продольном направлении 8,

в поперечном направлении 16".

"Во время дорожных испытаний верхняя часть тела и голова пассажира подвергались в два раза большей вертикальной вибрации, чем у водителя".

"Во время езды по неровным дорогам удобнее сидеть, не откидываясь на спинку сиденья".

"Замечено, что во время езды водители автобусов делают больше ненужных движений".

"Противоречие между наилучшими позами в состоянии настороженного внимания и в состоянии отдыха".

Сбор информации продолжался до тех пор, пока в разных источниках реже стали появляться новые данные и чаще повторяться старые. Это было принято за доказательство того, что ни одна важная часть проблемы не упущена.

Всего было составлено 350 карточек.

2. Классифицировать карточки по альтернативным наборам категорий до тех пор, пока не будет найден набор, соответствующий как зафиксированным данным, так и субъективной точке зрения проектировщика на проблему.

Были выбраны следующие критерии классификации:

а) классификация должна охватывать все 350 элементов;

б) большинство элементов относится только к одной категории;

в) выбранные категории указывают на определяющие факторы комфортности сиденья или на возможность для изготовителя улучшить ее.

Многие системы классификации были от-

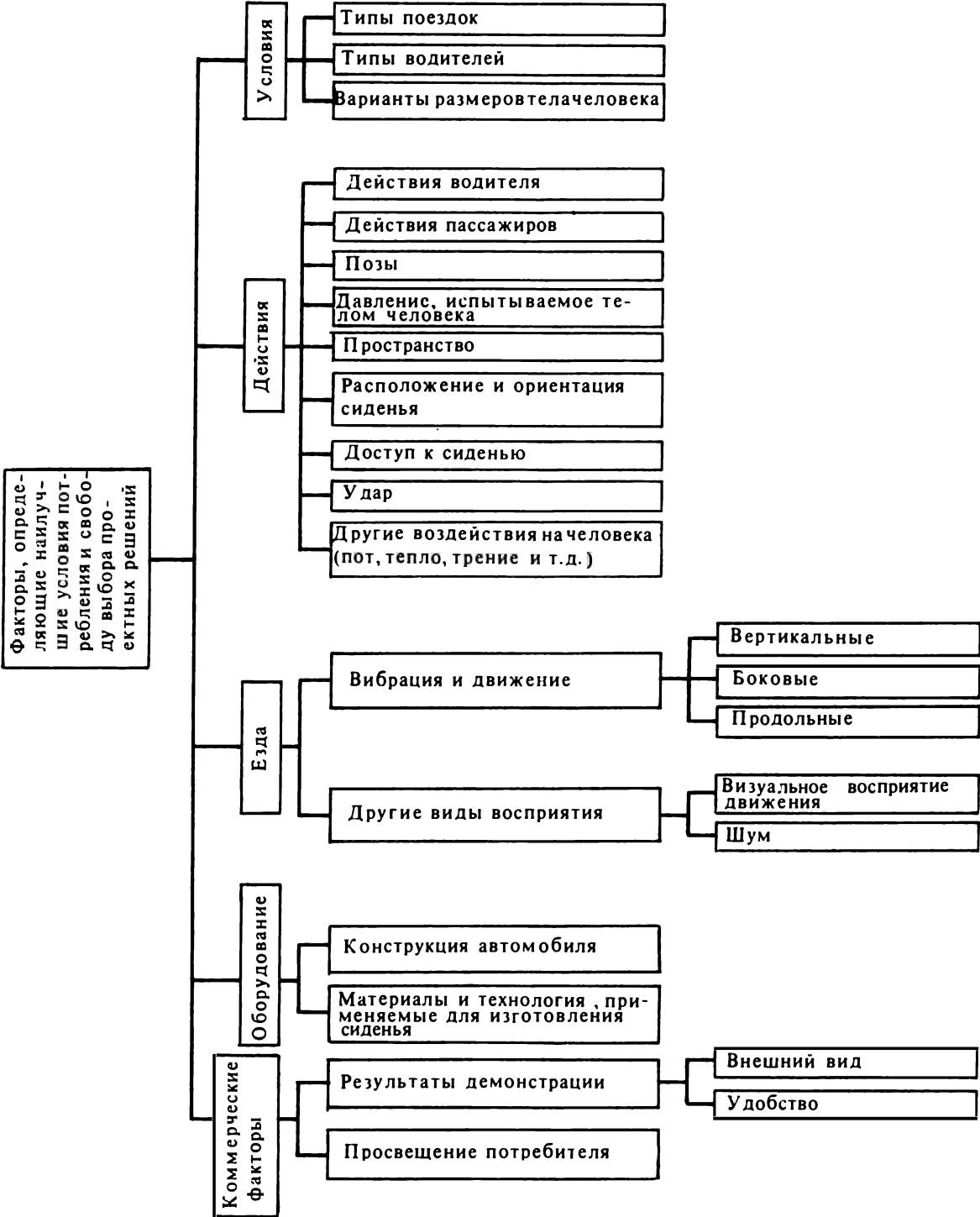


Рис. 11.12

вергнуты, пока не была выбрана подходящая система, на что потребовалась непрерывная работа одного специалиста в течение двух недель. Для поиска классификации необходимо иметь большую площадь (пол или стену), чтобы рассортировать карты по категориям. Выбранная в данном случае классификация показана на рис. 11.12.

Как это часто бывает, окончательная

схема классификации появилась в результате мгновенного озарения относительно того, как избежать частичного перекрытия, которое явилось существенным пороком всех предложенных до этого схем классификации. После отыскания классификационной схемы, лишенной указанного недостатка, специалисты испытали смешанное чувство удовлетворения и усталости, а также сильное

нежелание продолжать поиск или менять классификацию.

3. Использовать отобранные наборы категорий как основу для индексации информации, собранной на более позднем этапе, для разбивки проблемы на части с целью последовательной или параллельной работы над ними, а также для пробной идентификации переменных величин и взаимосвязей между ними.

Если подобная классификация используется для индексации данных, собранных на более позднем этапе работы над проектом, не следует предполагать, что каждый информационный документ будет относиться только к одной категории: во многих документах будут содержаться данные по двум или более темам. Поэтому все документы к проекту лучше всего хранить в картотеках с порядковым номером, соответствующим этому этапу работы. Каждый комплект карточек — "файл" — должен быть очень небольшим, что позволит быстро найти документ, относящийся к данной теме. Для каждой категории подобной классификации можно завести карточку с индексом, и по окончании составления файла номер его заносится на соответствующие карточки. Но даже и эта очень примитивная попытка вести многоаспектную индексацию ни к чему не приведет, если не будет выделен специальный ответственный за это работник, не имеющий других заданий по исследованию и проектированию и располагающий временем, необходимым для ведения карточек и пополнения их последними данными; он должен будет следить за нумерацией файлов, за тем, чтобы они оставались небольшими по объему, и за тем, чтобы документы после использования возвращались в соответствующие файлы. В процессе работы над автомобильным сиденьем этого не удалось достичь, что привело к накоплению большого количества документов, которыми никто не может воспользоваться. И эта невозможность повторного использования проектных документов становится очень серьезным препятствием к совместной работе членов проектной группы.

Впервые эта классификация, относящаяся к автомобильному сиденью, была использована для заголовков отчета по проблеме в целом (Джонс, Грей и Уорд

[116]). Категории классификации и карточки обеспечили быстрый доступ ко многим информационным документам, к которым пришлось прибегнуть при написании этого отчета. Поскольку в разделах отчета не требовались перекрестные ссылки, его удалось написать очень быстро. Хорошая классификация позволяет разным специалистам параллельно писать свои разделы отчета.

Второй раз эта классификация была использована при выборе переменных величин для серии последовательных полевых испытаний. Для того чтобы найти, какие переменные оказывают существенное, а какие незначительное влияние на комфорт потребителя, каждой переменной, перечисленной в категориях классификации, была придана предельная величина, и испытания проводились несколько раз в виде пробных поездок (использовался метод разд. 9.7). В результате испытаний были весьма приблизительно установлены возможные диапазоны каждой переменной. Было найдено, что тип поездки, размеры тела человека, поза, испытываемое телом давление и свободное место имеют гораздо большее значение, чем такие переменные, как "действия водителя" и "вибрации". Это позволило сузить задачи и исключить большой объем дорогостоящих поисков вслепую.

4. Пересмотреть классификацию на более позднем этапе, если появятся противоречивые доказательства, изменятся задачи или точка зрения проектировщика на проблему.

На более поздней стадии проектирования автомобильного сиденья работа от внештатных дизайнеров-консультантов перешла к штатным проектировщикам, что, естественно, должно было привести к пересмотру и переоценке проблемы и ее классификации, отчасти потому, что изменились цели, отчасти же по той причине, что проектом занялись другие люди. Для новых задач проблему следует определить в понятиях, более соответствующих именно целям *проектирования* автомобильных сидений, а не первоначальной *исследовательской* цели выявления переменных, оказывающих влияние на комфортность сидений.

Ниже приводится сравнение двух типов классификаций:

Проектные задачи	Соответствующие задачи исследования
1. Углы сочленения частей тела	Варианты размеров тела человека Позы
2. Контуры сиденья	Варианты размеров тела человека Давление, испытываемое человеком
3. Регулировка сиденья	Действия водителя Действия пассажиров Варианты размеров тела человека Позы
4. Схема распределения давления	Пространство, конструкция автомобиля Давление, испытываемое человеком Позы
5. Безопасность сиденья	Материалы и производственные процессы изготовления сидений Удар Позы Доступ Конструкция автомобиля Материалы и производственные процессы Провещение протретиеля

Проектные задачи обеспечивают возможность последовательного принятия решений без необходимости возвращаться назад. Задачи исследований предоставляют в распоряжение специалистов ряд переменных, которые можно изучать независимо друг от друга и от конкретной конструкции автомобиля.

Замечания

Миллер [117] определил таксономию как "средство классификации объектов или явлений с целью выявления полезных взаимосвязей между ними".

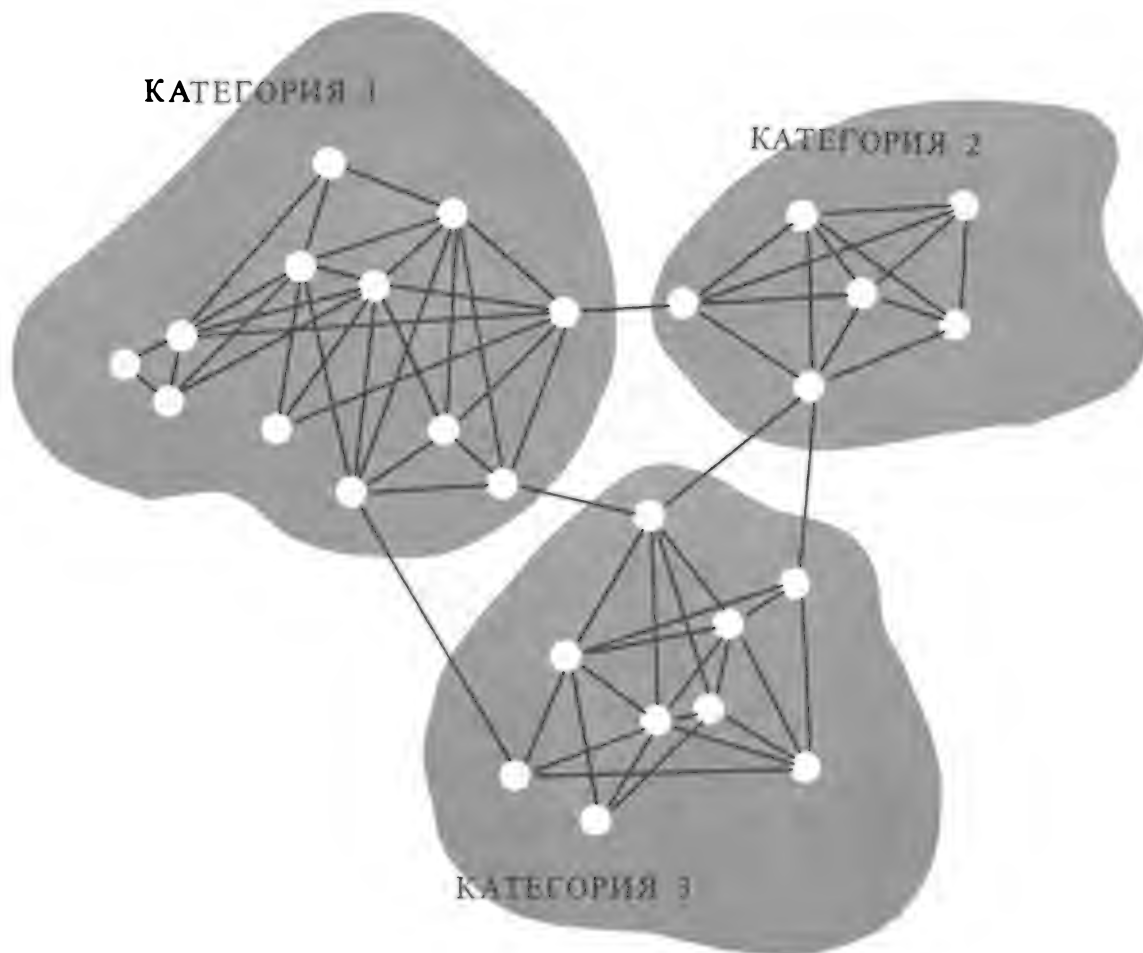
В данном случае мы пытаемся классифицировать полученную без какой-либо системы информацию о проблеме таким образом, чтобы между элементами *одного* ряда были только сильные взаимосвязи, а между элементами *разных* рядов — слабые. Если классификация отвечает этому требованию, она полезна, так как позволяет параллельно работать над несколькими категориями элементов с сильной внутренней связью.

Как же определить, охватывает ли та или иная классификация ряды со слабой внешней связью, состоящие из элементов с сильной внутренней связью? Это можно проверить следующим образом: взять один элемент из большого числа хорошо изученных элементов и попытаться ввести его в возможно большее число категорий. Если большинство элементов явно принадлежит только к одной из категорий и если среди них мало пограничных случаев, то такая классификация может оказаться столь же полезной, как и любая другая, которую можно составить без трудоемких исследований точных взаимосвязей между элементами. Такое тщательное исследование невозможно выполнить без предварительного

опробования многих приближенных классификаций и концепций, которые постепенно уточняются или отбрасываются. Поэтому на этом этапе бессмысленно ставить слишком большие задачи выявления *взаимно исключающих* друг друга категорий, какие составляются, например, для классификации небесных тел на основании вычисленных расстояний, скоростей и температур. В начале разработки новой проектной проблемы мы скорее напоминаем астрологов, чем астрономов, и должны довольствоваться относительно произвольными категориями, польза которых примерно соответствует пользе названий созвездий и планет.

Миллер полагает, что классификация становится затруднительной, когда число категорий становится более 15–20, и рекомендует ограничиться всего лишь несколькими категориями. Если требуется использовать более 12 категорий, следует выделить из них главные, а второстепенные перевести в разряд субкатегорий, как показано на рис. 11.12.

При составлении классификации большую роль играет субъективный фактор (гл. 5), поэтому ее нельзя выполнить должным образом, если над ней будут работать вместе несколько специалистов. Целесообразнее, чтобы несколько человек занимались этим самостоятельно, а затем главный специалист, ответственный за проект, выбрал ту классификацию, которую он считает наилучшей. *Любая классификация, отвечающая как собранным данным, так и субъективной точке зрения специалиста, который будет работать с ней, может служить хорошей основой для достижения соответствия между проектируемым объектом и средой. Не может быть "наи-*



лучшей” или ”правильной” классификации, но может быть очень много неэффективных классификаций.

Применение

Эта методика может оказаться ненужной в тех случаях, когда проектная ситуация хорошо знакома и понятна. Но она дает возможность сэкономить массу времени при решении неизученных проблем, так как обязывает всех заинтересованных специалистов привести свои взгляды на проблему в соответствие с действительным положением дел уже на самом раннем этапе работы. Это значительно уменьшает опасность выбора абсолютно неверного направления работы и полного упущения значительных аспектов проблемы.

Надежным способом глубокого проникновения в незнакомую сложную проблему является классификация *противоречий* и *несоответствий*, выявленных во время изучения проектной ситуации.

Обучение

Любой специалист может научиться клас-

сифицировать данные, даже не имея опыта в области таксономии, если у него достаточно выдержки и имеется четкое представление о том, как будет использоваться классификация. Однако ”четкое представление” о последующем использовании может в новой проектной ситуации оказаться недоступным никому, кроме специалиста, отвечающего за последующие действия.

Вполне вероятно, что одни специалисты проектной группы смогут значительно лучше, чем другие, справиться с классификацией данных, которые на первый взгляд не поддаются никакому упорядочению.

Стоимость и время

На классификацию набора карточек может потребоваться день или два, а затем на обдумывание и поиск независимых категорий может уйти еще одна—две недели.

Библиография

Джонс, Грей и Уорд [116], Миллер [117].

Метод

12.1. Контрольные перечни

12.2. Выбор критериев

12.3. Ранжирование и взвешивание

12.4. Составление технического задания

12.5. Индекс надежности по Квирку

Цель

Дать проектировщикам сведения о требованиях, которые были признаны релевантными в аналогичных ситуациях.

Установить критерии приемлемости проектного решения

Сравнить ряд альтернативных проектных решений, используя общую шкалу измерения

Описать приемлемый конечный результат предстоящего процесса проектирования

Позволить неопытным проектировщикам выявить ненадежные элементы без испытания всей конструкции

Глава 12

Методы оценки (конвергенция)

12.1. Контрольные перечни

Цель

Дать проектировщикам сведения о требованиях, которые были признаны релевантными в аналогичных ситуациях.

План действий

1. Подготовить перечень вопросов, которые были признаны важными в одной

или нескольких аналогичных ситуациях.
2. Задать некоторые или все эти вопросы применительно к проекту, подлежащему оценке.

Пример 1

Перечень вопросов, на которые необходимо ответить, чтобы охарактеризовать условия внутри комнат какого-либо здания (приводится с разрешения фирм "Эбби энд Хэнсон" и "Роу энд Партнерс", Шеффилд, Англия).

Задание заказчика

Подробные проектные требования

1. Работа №. . .

2. Комната №. . .

3. Освещение

3.1. Дневное

3.1.1. Не существенно

3.1.2. Предпочтительнее свет с северной стороны

3.1.3. Желательно иметь шторы для защиты от солнечного света

3.1.4. Необходимо затемнение интерьера шторами

3.2. Искусственное

3.2.1. Важно отсутствие стробоскопического эффекта

3.2.2. Существенна возможность различения цветов

3.3. Нормативы

3.3.1. Минимальная общая освещенность 110 лк

3.3.2. Минимальная общая освещенность 215 лк

3.3.3. Минимальная общая освещенность 320 лк

3.3.4. Минимальная общая освещенность 540 лк

3.3.5. Дополнительное местное освещение

4. Отопление

4.1. Требуется объемный нагрев

4.2. Важно независимое управление приборами отопления

4.3. Желательно регулирование температуры

4.4. Необходим точный контроль за температурой

4.5. Ожидаемая теплоотдача оборудования или других источников

4.6. Другие специальные требования

5. Вентиляция

- 5.1. Естественное вентиляционное отверстие – окно
- 5.2. Естественное вентиляционное отверстие – отдушина
- 5.3. Необходима принудительная вытяжная вентиляция из комнаты
- 5.4. Необходима принудительная вытяжная вентиляция от оборудования
- 5.5. Желательна приточная вентиляция воздуха
- 5.6. Необходимо кондиционирование воздуха (регулирование охлаждения и влажности)
- 5.7. Необходима очистка воздуха (от пыли и бактерий)
- 5.8. Необходима независимая регулировка

6. Звук

- 6.1. Желательно регулирование наружного шума
- 6.2. Желательно регулирование шума внутри помещения
- 6.3. Необходима изоляция всех источников шума
- 6.4. Необходима изоляция всех источников вибрации

7. Нагрузка, создаваемая оборудованием

- 7.1. Только оборудование с небольшим весом
- 7.2. Относительно легкое оборудование (8,9...14,9 кПа)
- 7.3. Тяжелое оборудование (14,9...29,8 кПа)
- 7.4. Свыше 29,8 кПа с весьма значительными концентрированными нагрузками
- 7.5. Оборудование с движущимися деталями, создающими вибрацию или очень большие ударные нагрузки

8. Размер оборудования

- 8.1. Оборудование, требующее увеличения размера дверей по крайней мере вдвое (1500x2100 мм)

9. Коммуникации

- 9.1. Городская телефонная линия
- 9.2. Внутренняя линия – служебная связь в учреждении
- 9.3. Вызов персонала
 - 9.3.1. Звуковой
 - 9.3.2. Визуальный
 - 9.3.3. Селектор
- 9.4. Внутренняя пневматическая почта
- 9.5. Радиофикация здания
- 9.6. Телевидение/радиовещание

Пример 2

Перечень вопросов, на которые надо ответить при проверке качества и надежности конструкции деталей авиационных двигателей (составлено по Маркхэму [119] и приводится с разрешения Института инженеров-механиков).

1. Оценка конструкции

Какова цель введения нового устройства?

Это новая проблема?

Имеется ли устройство, которое можно использовать в существующем виде или с соответствующей модификацией?

Каковы существующие официальные нормативы?

Имеется ли полезная релевантная информация конкурирующих фирм?

Не является ли это просто усовершенствованием существующего устройства?

Каковы в этом случае новые требования? Не следует ли воспользоваться этой возможностью для введения также других изменений?

Если предлагается модифицировать существующее устройство, то каковы новые условия эксплуатации по сравнению с теми, для которых оно было первоначально создано?

2. Консультации по специальным проблемам

Обсуждались ли специальные аспекты проблемы с авиаконструктором, инженерами по прочности, специалистами по системам обслуживания, по инженерным программам снижения стоимости изделий, по аэродинамике, по надежности, по проектированию оснастки, по безопасности (для управляемых снарядов) и т.д. и т.п.?

Передана ли вся релевантная информация экспертам?

Может ли что-то быть неправильно понято?

Правильно ли поняты советы экспертов?

Конструктор несет окончательную ответственность и должен как можно тщательнее проверить всю информацию.

3. Соответствие официальным стандартам и фирменным нормам

Соответствует ли проект официальным стандартам и фирменным нормам и т.д.?

Имеются ли другие проектные требования?

4. Напряжения

Каковы основные механические напряжения в конструкции?

Имеются ли в соединениях консольные детали, способные вызвать вибрацию?

Будет ли тепловое расширение вызывать напряжения? Учтены ли временные напряжения, возникающие в результате увеличения температуры?

Если конструкция разрушится, то в каком месте?

5. Изготовление деталей

Какова технология производства деталей?

Можно ли ее упростить?

Может ли использоваться имеющаяся оснастка?

Оправдано ли применение деталей, трудно поддающихся механической обработке, или использование дорогостоящих материалов?

Можно ли применить полностью управляемую автоматами сварку?

6. Сборка

Стыкуются ли детали?

Возможно ли неправильное соединение трубопроводов?

Возможна ли неправильная установка односторонних клапанов?

Можно ли путем контроля проверить правильность и точность сборки?

Например, если опорный подшипник установлен неправильно, можно ли обнаружить это визуально без его демонтажа?

Предусмотрены ли там, где это необходимо, специальные инструкции?

7. Демонтаж

Предусмотрены ли простые экстракторы?

Учтено ли влияние коррозии и нагара?

Не вызовет ли затруднений заедание резьбы и т.п.?

Не возникнет ли авария из-за деформации или износа?

Можно ли выполнить частичный или полный осмотр и ремонт данного узла без демонтажа других узлов и без риска уронить в них детали или инструменты?

8. Обслуживание и ремонт

Будет ли обеспечен к узлу доступ после его монтажа?

Не требуется ли подъемное приспособление и предусмотрены ли для него места доступа?

Можно ли заменить узел без регулировки или без стендовых испытаний?

Учтена ли возможность ношения оператором арктической одежды и толстых перчаток?

Достаточно ли прочен узел, чтобы механик мог опереться на него ногой или рукой?

Не может ли слабое крепление обтекателя быть лишь по видимости прочным?

Можно ли уменьшить коррозию и износ?

Нужны ли бороскопические отверстия?

9. Анализ дефектов

Может ли небольшой дефект привести к серьезному отказу?

Не может ли отвернуться гайка или срезаться головка заклепки и попасть во впускное сопло?

Может ли механизм управления заклинить из-за попадания в него инородного тела?

Как может система выйти из строя, что на это укажет и каковы будут результаты?

Может ли она выйти из строя, не создавая опасности для людей?

10. Опасность возгорания

Что может загореться?

Возможна ли утечка масла или топлива?

Можно ли обнаружить возгорание?

Можно ли отключить подачу топлива?

Имеется ли источник возгорания?

Повредит ли вынужденная посадка на фюзеляж систему подачи топлива или масла?

11. З а з о р ы

Можно ли увеличить зазоры, не ухудшая качества конструкции?

Приведут ли накопленные ошибки в допусках и производственные ошибки к отказам?

Насколько зазор будет уменьшен при:

а) временном дифференциальном расширении?

б) нормальных рабочих напряжениях?

в) высоких гравитационных нагрузках?

12. К о р р о з и я

Находятся ли разнородные металлы в контакте друг с другом в условиях влажности?

Подвергается ли материал коррозии при рабочих напряжениях и температурах?

Будет ли защитное покрытие разрушаться при эксплуатации или сборке, при использовании гаечных ключей и т.д.?

Можно ли поврежденные участки исправить во время эксплуатации?

Имеются ли карманы, в которых может накапливаться влага?

Возможно ли интергранулярное проникновение плакировочного слоя при нормальных рабочих температурах или при температурах, возникающих в случае небольших повреждений?

13. Т е р м о о б р а б о т к а

Учтены ли полностью все условия эксплуатации?

Не превышает ли температура закалки максимально допустимую температуру?

Достаточен ли запас прочности, чтобы противостоять местным концентрациям напряжения?

14. И с п о л ь з о в а н и е с т а н д а р т н о г о о б о р у д о в а н и я

Имеются ли стандартные спецификации?

Проведены ли консультации с поставщиком?

Можно ли использовать оборудование должным образом?

Хорошо ли читается шильдик с инструкцией на оборудовании?

Возможен ли доступ к оборудованию после его установки?

15. В о с с т а н о в л е н и е и р е м о н т

Можно ли восстановить дорогостоящие детали при их износе или поломке?

Есть ли место для установки вкладышей с резьбой?

Можно ли подвергнуть повторной механической обработке дорогостоящие детали, чтобы подогнать их к дешевым деталям с заниженными или завышенными размерами?

16. Ч е л о в е ч е с к и е ф а к т о р ы

Могут ли инструкции быть неправильно поняты?

Достаточно ли места для работы?

Используются ли токсичные материалы?

Требуются ли специальные навыки?

Осуществляются ли регулировки достаточно естественным и привычным образом?

17. С п е ц и а л ь н ы е э л е к т р о т е х н и ч е с к и е т р е б о в а н и я

Могут ли ненадежный контакт или помехи, генерируемые одной системой, вызвать опасную активацию другой?

Когда штеккерные соединения разомкнуты, может ли в них накапливаться грязь или влага?

Достаточно ли хорошо закреплены провода и кабели и защищены ли они от перетираания?

Не могут ли быть повреждены провода при обслуживании?

Достаточно ли они защищены от активных жидкостей?

Требуется ли пайка?

18. Х о л о д н а з е м л е и л и в в о з д у х е

Может ли дифференциальное сжатие вызвать блокировку управления, например, топливной системой?

Не закроет ли лед вентиляционные отверстия?

Не может ли снег попасть в электрооборудование?

Достаточен ли размер трубопроводов маслосистемы?

Не будет ли в каких-нибудь трубопроводах скапливаться вода и превращаться в лед?

Не может ли лед блокировать систему управления?

19. М а т е р и а л ы

Известна ли стоимость материала?

Легко ли он поддается ковке, литью, холодной обработке, сварке и т.д.?

Легко ли его достать?

Не стратегический ли это материал?

Каковы его механические свойства?

Какова теплостойкость?
Каковы антикоррозийные свойства?
и т.п.

20. Сравнение с другими конструкциями

Сравнили ли данную конструкцию с существующими?

Легче ли данная конструкция?

Более ли она надежна?

Дешевле ли она?

и т.д.

21. Соответствие современным требованиям

Проверено ли, не изменились ли проектные требования и условия окружающей среды с того времени, когда началась работа над проектом?

Не сделал ли отдел эксплуатации какие-либо замечания в последний момент?

Не появились ли новые информационные материалы?

Пример 3

Перечень вопросов, на которые следует ответить при планировке рабочего места (из работы Джонса [66]; печатается с разрешения военного ведомства Великобритании).

1. Каковы цели и задачи потребителя?

2. Путем каких действий потребитель будет стремиться к достижению этих целей.

3. Какие действия особенно важны, а какие не очень существенны?

(Важность оценивается путем определения вероятности больших или малых последствий при невозможности выполнить каждое действие.)

4. Для каких действий требуется непрерывно следить за экранами и приборами, а для каких достаточно время от времени поглядывать на них?

5. Для каких действий требуется одновременно иметь в поле зрения два или более предметов?

6. Какова длительность каждого действия?

7. Какова частота каждого действия?

8. Какие размеры тела являются критическими для выполнения каждого действия?

9. Какие действия могут вызвать утомление?

10. Какие действия требуют максимального напряжения соответствующих мышц, а какие — лишь легкого усилия?

11. Для выполнения каких действий требуются неудобные захват или поза, что значительно снижает максимальные усилия мышц или уменьшает зону досягаемости?

12. Какие действия выполняются в неудобном положении или направлении относительно положения тела человека?

13. До какой степени движения тела человека соответствуют выполнению действия с требуемой эффективностью и без заметного неудобства?

14. Встретятся ли потребители с незнакомыми для них действиями или у них уже будет большой опыт в их выполнении?

15. Познакомится ли значительная часть потребителей впервые с новым оборудованием и не испытают ли они чувство разочарования при сравнении с оборудованием, хорошо знакомым им по длительному опыту?

16. Ожидают ли потребители от нового оборудования большого комфорта и удобства и представляет ли это для них особую ценность или же они согласны терпеть значительные неудобства и дискомфорт?

Замечания

В настоящее время контрольные перечни — самое простое и приносящее непосредственную пользу средство решения проектных задач. Они составляются, исходя из предположения, что требования, которые не были учтены ранее, не будут учтены и впоследствии. Как правило, так и получается, когда новые специалисты начинают работать над обычными проектными проблемами. Так же бывает и в тех случаях, когда повышается уровень требований к комфортности, надежности, простоте обслуживания и т.д., и проектировщики нуждаются в указаниях по возникающим вопросам, чтобы выяснить новый уровень требований. Каждый из приведенных выше примеров относится именно к последнему случаю.

При составлении перечней могут возникнуть следующие трудности:

а) Время, необходимое на то, чтобы прочитать и обдумать все вопросы в длинном перечне, может значительно превысить общее время, отведенное на проектирование. Составители подобных перечней пытались избежать этого путем сохранения в них только достаточно общих вопросов, оставив на долю проектировщика формулирование при необходимости более частных вопросов. Второй путь — это составление длинного перечня таким образом, чтобы проектировщик мог быстро выбрать вопросы, имеющие отношение к проблеме, над которой он работает. Это можно сделать, снабдив перечень сетевой схемой и указав, какое из многих ее ответвлений имеет отношение к данной проблеме. Это лучше всего сделать с помощью индексных карт, перфокарт или ЭВМ. Пауэлл [118] показал эффективность

этого способа для разработки всеобъемлющего руководства по учету акустических требований при проектировании конторских помещений со свободной планировкой.

б) Перечни основаны на допущениях, которые скорее уведут проектировщика от нового творческого решения, чем приближают к нему. Эта опасность всегда присутствует при любой попытке перенести соображения, касающиеся одной ситуации, на другую ситуацию. Этого можно избежать путем сравнения допущений, на которых основан перечень, с теми, которые проектировщик считает оправданными. Если, например, архитектор проектирует телефонную сеть в аэропорте, он может сравнить свои допущения с предположениями, приведенными выше в примере 1:

Допущения в перечне примера 1	Допущения в отношении телефонной сети
Каждое действие выполняется в отдельной ячейке здания	Пользующиеся телефоном могут быть лишь разделены стенкой или расстоянием, экранирующим шум

Заметив эти несоответствия в допущениях, проектировщик может спроектировать телефонную сеть, в которой не будет будок. Если бы он воспользовался перечнем некритически, он мог бы спроектировать дорогостоящие телефонные будки с акустической изоляцией, а результат был бы не лучше, чем размещение телефонов на достаточно далеком друг от друга расстоянии.

Несмотря на указанные недостатки, а возможно, и на некоторые другие, контрольные перечни необходимы в ряде проектных ситуаций. Однако проектировщики, вероятно, пренебрегут даже хорошим контрольным перечнем, если он не будет принят также их руководителем или заказчиком в качестве технических условий для проверки приемлемости или неприемлемости разработанных проектов.

Применение

Для многих проектных проблем имеется достаточное количество прогнозируемых заранее требований, которые неиз-

вестны проектной группе, что оправдывает составление по крайней мере краткого контрольного перечня. Важно, чтобы контрольные вопросы имели самое непосредственное отношение к критериям, по которым будет оцениваться приемлемость проекта.

Обучение

Научиться использовать контрольный перечень нетрудно — необходимо лишь соответствующее желание.

Стоимость и время

Использование, а не просто чтение контрольного списка может значительно увеличить время и стоимость разработки проекта. Необходимо ограничить степень детализации, чтобы стоимость использования перечней была меньше, чем убытки от их неиспользования. Длинные перечни могут включать некоторые оценочные вопросы, предназначенные для определения размеров этих убытков; таковы, например, вопросы 14–16 в примере 3.

Библиография

Джонс [66], Маркхэм [119], Пауэлл [118].

12.2. Выбор критериев

Цель

Установить критерии приемлемости проектного решения.

План действий

1. Сформулировать задачу, которой должно отвечать приемлемое проектное решение.
2. Охарактеризовать "гарантирующее успех" направление работ по данной задаче.
3. Изучить имеющиеся данные о влиянии отклонений от сформулированной задачи и определить условие, соответствующее "области гарантированного успеха" в зоне между приемлемым и неприемлемым решениями.
4. Выбрать в качестве критерия простейшую меру, надежно указывающую, лежит ли проект в "области гарантированного успеха".
5. Повторить действия пп. 1–4 для каждой задачи.

Пример

Определить критерии, указывающие на дискомфортность автомобильных сидений. Этот пример взят из исследования, проведенного автором и его коллегами по инициативе и при поддержке фирмы "Кокс оф Уотфорд Лтд" (ныне "Кокс оф Ноттингем", Англия), изготавливающей автомобильные сиденья (Джонс [65]; см. также соответствующий пример в разд. 11.8).

1. Сформулировать задачу, которой должно отвечать приемлемое проектное решение.

Главной задачей является обеспечение комфортности автомобильного сиденья. В прошлом критерием определения комфортности служило мнение конструктора, а также ответственного руководителя фирмы. В приводимом примере сделана попытка найти более объектив-

ный критерий, отражающий мнение потребителей в целом.

Прежде всего задача была сформулирована так: "Избежать дискомфорта, который был бы ощутим для большинства потребителей". Здесь следует обратить внимание на переход от неуловимого понятия "комфорт" к легко обнаружимому состоянию дискомфорта, а также на то, что незначительными неудобствами, различными для разных людей, решено пренебречь.

2. Охарактеризовать "гарантирующее успех" направление работ по данной задаче.

Цель этого этапа — обеспечить, чтобы ошибки, неизбежные при любом виде измерений, не приводили к результатам, невыгодным для финансирующей эти исследования фирмы. Так, слегка завышенные требования к комфортности автомобильных сидений приведут к увеличению цены и тем самым к снижению количества проданных сидений. Однако лишь небольшой процент потребителей сможет заметить этот слегка повышенный уровень качества. С другой стороны, незначительное занижение требований приведет к снижению цены и тем самым к увеличению числа продаж. Но, вероятно, лишь немногие покупатели обнаружат это едва заметное ухудшение качества сиденья.

Отсюда следует, что "гарантирующим успех" направлением как для изготовителя, так и для потенциальных потребителей является некоторое занижение требований, так как это приведет к тому, что исследования комфортности сидений принесут пользу большему числу людей (см. аналогичный пример в разд. 9.9).

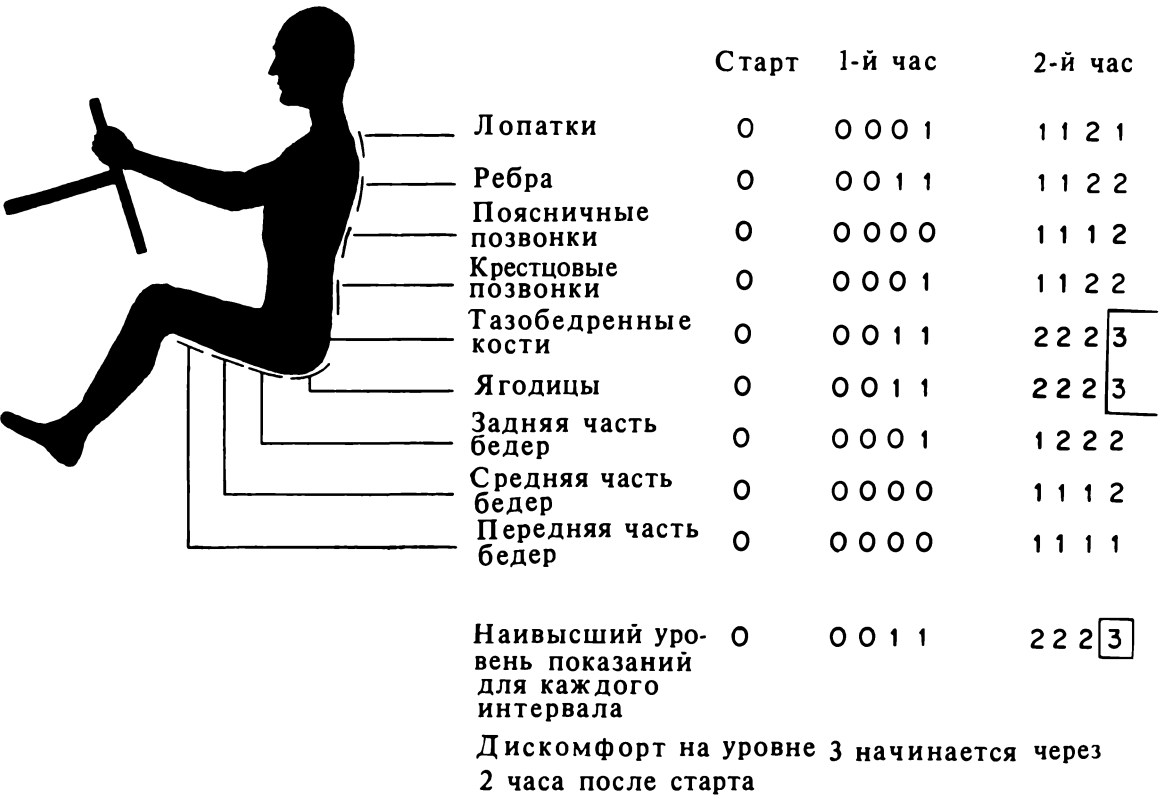
3. Изучить имеющиеся данные о влиянии отклонений от сформулированной задачи и определить условие, соответствующее "области гарантированного успеха" в зоне между приемлемым и неприемлемым решениями.

Образец таких показателей приводится на помещенном ниже рисунке. Это регистрация ощущений дискомфорта в девяти участках тела, производившаяся с интервалами 15 мин в течение 5-часо-

вой поездки. Уровень дискомфорта определялся по пятибалльной шкале:
0 – никаких ощущений;
1 – ощущение контакта;
2 – оцепенение;
3 – тупая боль;
4 – острая боль.

Несколько опытных испытуемых регистрировали уровни дискомфорта при пользовании автомобильными сиденьями разных конструкций. Обнаружены заметные различия в дискомфорте, ощущаемом разными испытуемыми (на тех же сиденьях в одинаковых условиях поездки) и при разных условиях поездки (с теми же испытуемыми на тех же сиденьях). Несмотря на эти различия, были выявлены определенные закономерности.
На рисунке указаны записанные через каждые 15 мин ощущения дискомфорта во время дорожных испытаний типового автомобильного сиденья (четыре верхних участка должны располагаться на теле ниже, чем показано на рисунке):

Было найдено, что только опытный испытуемый может обнаружить уровни дискомфорта 2 и менее, в то время как уровень 3 замечает каждый, если его внимание ничем не отвлекается, а уровень 4 вообще трудно не заметить. На основании этого был сделан вывод, что сиденье, не дающее при испытаниях уровней 3 и 4, отвечает поставленной задаче "избежать дискомфорта, который был бы ощутим для большинства потребителей". Грань между приемлемым и неприемлемым решениями лежит между показателями 2 и 3. В качестве условия наступления этой грани было выбрано появление уровня 3 для любой части тела (как показано в последнем ряду цифр на рисунке). "Область гарантированного успеха" вблизи этой грани определялась условием, что для всех участков тела два раза подряд отмечались уровни дискомфорта 3 или 4, что указывало на появление уровня 3. В соответствии с этим однократное появление уровня 3 для лопаток и средней части бедер не учитывалось.



4. Выбрать в качестве критерия простейшую меру, надежно указывающую, лежит ли проект в "области гарантированного успеха".

Условие "появление уровня 3" характеризуется временем его возникновения. Так, для испытателя, результаты которого приведены на рисунке, показатель, равный 2 ч, означает время, когда уровень 3 появляется впервые. Такой показатель был выбран из многих возможных вариантов по той причине, что он позволяет выразить огромное количество зафиксированных цифр в виде простых и понятных статистических параметров.

Испытания разных сидений, проводимые многими людьми, показали, что, несмотря на значительные различия между испытателями или между поездками на одном и том же сиденье, этот показатель надежно отражает различия между сиденьями, значительно отличающимися друг от друга по своей конструкции, но не отражает различий в комфортности

3-й час	4-й час	5-й час
2 2 2 2	2 3 2 2	2
2 2 2 2	3 3 3 3	3
2 2 2 3	3 3 3 3	3
2 3 3 3	3 3 3 4	4
3 3 3 4	4 4 4 4	4
3 3 3 3	3 4 4 4	4
3 3 3 3	3 3 4 4	4
2 3 2 2	3 3 3 3	3
2 2 2 2	2 3 3 3	3
3 3 3 4	4 4 4 4	4

близких по конструкции сидений, используемых в автомобилях одного класса.

Проектировщик нового сиденья может охарактеризовать требуемые условия комфортности временем, в течение которого водитель или пассажир не будет испытывать неудобств. Для малолитражных автомобилей этот критерий может составлять 3 ч, поскольку очень немногие поездки в них продолжаются свыше 3 ч без остановки, а в большинстве малолитражных автомобилей дискомфортный уровень 3 появляется в течение второго или третьего часа езды. Для больших автомобилей проектировщик может установить критерий, соответствующий 4 ч езды без ощущения каких-либо неудобств. Это дает новой конструкции преимущество в 1–2 ч перед существующими вариантами, так как позволяет совершать безостановочные поездки в течение 3 ч и более.

Замечания

Возможность применения к плохо определенным задачам измеримого критерия дает, конечно, огромное преимущество. Отрицательной стороной этого подхода является уменьшение "пространства маневрирования" в тех случаях, когда для описания широкой зоны неопределенности используется жесткий цифровой показатель. Это может лишить изобретательного проектировщика возможности сопоставить одну задачу с другой. Рекомендуемый здесь поэтапный подход с отысканием "гарантирующей успех" области вблизи грани может оказать в этих случаях существенную помощь.

При выборе критериев используется принцип *операционализма* (Чапанис [92]), основанный на предположении, что явление признается существующим лишь в том случае, если можно подробно охарактеризовать операции, по которым внешний наблюдатель может это явление обнаружить.

Таким образом, "красота" в операциональном смысле не существует, так как нет действия, которое могло бы указать на наличие красоты независимо от субъективного состояния наблюдателя. Утверждение какого-либо наблюдателя,

что такой-то предмет красив, не может рассматриваться как доказательство наличия определенных свойств у предмета¹⁾, а говорит лишь об определенной реакции наблюдателя на этот предмет. Выражаясь проще, можно сказать: "если что-то не может быть измерено, оно не существует". Таким образом, комфорт существует лишь как слово, производимое в определенных ситуациях. То, к чему это слово относится, не может быть измерено и не обладает объективной реальностью. Мы показали, что эту трудность удалось преодолеть путем определения комфорта как "отсутствия дискомфорта", и сформулировали целый ряд правил для регистрации и анализа дискомфорта, испытываемого людьми на автомобильных сиденьях. Этот набор правил и составляет наш операциональный критерий. Он не измеряет комфорта или даже дискомфорта. Его функция — измерить вероятность того, что данное сиденье вызовет в сидящем определенную вербальную реакцию. Реакция эта отнюдь не сделает "комфорт" чем-то более реальным, чем он был до этого, но может оказать вполне измеримое влияние на сбыт автомобилей, удовлетворяющих или не удовлетворяющих этому критерию. Но поскольку наша задача состоит в том, чтобы повлиять на поведение потребителя, а не на метафизические размышления, нам нет нужды проявлять озабоченность в связи с нереальностью понятия "комфорт".

Пытаясь качественно определить нечто неосознаваемое, легко упустить из виду принципы измерения (см. разд. 7.6 и 9.8). Можно было бы, например, объединить данные на нашем рисунке, взяв средний уровень дискомфорта для всех испытуемых в каждый интервал времени и для каждой части тела. Но это исказило бы данные в случае, когда интервалы между цифровыми показателями не соответствуют вполне определенным

приращениям дискомфорта (что в большинстве случаев и бывает).

Выбор в данном примере в качестве показателя неудобства сиденья времени, а не уровня дискомфорта позволяет избежать этой трудности, так как время измеряется по пропорциональной шкале, дающей возможность вычислять средние значения и определять другие статистические параметры.

Применение

Выбор операциональных критериев имеет большое значение при любой попытке рационального проектирования. Он в особенности необходим там, где главные задачи трудно четко сформулировать, и в таких ситуациях он дает огромные преимущества.

Обучение

Выбор критериев — одна из наиболее трудных задач в работе проектировщика, состоящих в превращении целей и идеальных представлений в измеряемые величины. Для этого от проектировщика требуются одновременно точность ученого и гибкость художника. Вряд ли здесь можно достичь успеха с первой попытки, иногда приходится заново учиться при отыскании критериев, соответствующих каждому новому проекту.

Стоимость и время

Разработка нового метода измерений всегда представляет длительную и дорогостоящую часть работы проектировщика. Для выработки и проверки критерия комфортности автомобильного сиденья потребовалось 6 человеко-месяцев и требуется еще дальнейшая оценка результатов. Когда заимствуются или приспособляются критерии, взятые из каких-либо других областей, процесс значительно сокращается. Однако стремление во что бы то ни стало ускорить этот особенно важный этап процесса проектирования приводит лишь к призрачной экономии времени и средств.

Библиография

Чапанис [92], Джонс [65].

¹⁾ Проблема красоты рассматривается автором с идеалистических позиций буржуазной эстетики. Марксистская эстетика рассматривает красоту как ценность, в которой выражено объективное эстетическое значение явлений, осваиваемых через субъективные эстетические оценки, сквозь призму вкусов и идеалов людей. — *Прим. ред.*

12.3. Ранжирование и взвешивание

Цель

Сравнить ряд альтернативных проектных решений, используя общую шкалу измерения.

План действий

1. Определить задачи, которым должны отвечать альтернативные проектные решения.

2. Если задачи следует ранжировать, то:

а) записать в матрице предпочтительную задачу из каждой пары;

б) распределить задачи по их степени предпочтения.

3. Если задачи должны быть взвешены, назначить каждой задаче коэффициент весомости, указывающий на ее важность по сравнению с другими задачами.

4. Измерить или оценить степень, с которой каждое альтернативное проектное решение отвечает каждой из ранжированных или взвешенных задач.

5. Преобразовать эти результаты в процентные отношения при ранжировании задач и в абсолютные величины цифровых коэффициентов весомости при взвешивании задач.

6. Выбрать альтернативные проектные решения, имеющие наилучшее процентное отношение или наибольший коэффициент весомости.

Пример

Этот пример является продолжением примера с городским транспортом, задачи которого были сформулированы в разд. 9.1.

1. Определить задачи, которым должны отвечать альтернативные проектные решения:

а) обеспечить положение, при котором не было бы серьезных жалоб на транспортные затруднения в городе;

б) обеспечить, чтобы выбранная система стала предметом гордости горожан;

в) обеспечить, чтобы система была признана достижением городских властей;

г) обеспечить положение, при котором горожане готовы были бы платить необходимые для строительства новой системы налоги.

2. Если задачи следует ранжировать то:

а) записать в матрице предпочтительную задачу из каждой пары

(см. разд. 11.1):

Задачи	1	2	3	4	Итого
1. Отсутствие жалоб	—	1	1	1	3
2. Гордость горожан	0	—	0	0	0
3. Авторитет властей	0	1	—	0	1
4. Приемлемые налоги	0	1	1	—	2

1 = задача в данной строке предпочтительнее задачи в данной колонке.

0 = задача в данной колонке предпочтительнее задачи в данной строке.

б) распределить задачи по их степени предпочтения.

Ранг совпадает с итоговым числом для строки:

1 — отсутствие жалоб;

2 — приемлемые налоги;

3 — авторитет властей;

4 — гордость горожан

в соответствии с предпочтениями, указанными выше. Преимущества ранжирования становятся особенно очевидными при наличии большого числа задач, когда их невозможно удержать в голове и интуитивно распределить по рангам.

3. Если задачи должны быть взвешены, назначить каждой задаче коэффициент весомости, указывающий на ее важность по сравнению с другими задачами.

Первой задаче можно назначить коэффициент 60, второй — 20, третьей и четвертой — по 10.

4. Измерить или оценить степень, с которой каждое альтернативное проектное решение отвечает каждой из ранжированных или взвешенных задач.

В соответствии с первой задачей – ”отсутствие жалоб” – эксплуатационные характеристики альтернативных систем можно выразить в виде вычисленной

доли пассажиров, которые будут испытывать неудобства. Если, например, сравниваются два альтернативных проектных решения – монорельсовая и автоматизированная дорожные системы, – эти вычисляемые доли могут составить 0,4 и 0,15. Соответствие остальным трем задачам можно, по-видимому, оценить по порядковой шкале, приведенной ниже:

ЗАДАЧИ				
ПОКАЗАТЕЛЬ	ПОРЯДКОВАЯ ШКАЛА	АВТОРИТЕТ ВЛАСТЕЙ	ГОРДОСТЬ ГОРОЖАН	ПРИЕМЛЕМЫЕ НАЛОГИ
4	Достоверно соответствует	Монорельсовая дорога	Монорельсовая дорога	—
3	Вероятно, соответствует	Автоматизированная дорожная система	—	Монорельсовая дорога
2	Неопределенное положение	—	Автоматизированная дорожная система	Автоматизированная дорожная система
1	Вероятно, не соответствует	—	—	—
0	Достоверно не соответствует	—	—	—

5. Преобразовать эти результаты в процентные отношения при ранжировании задач и в абсолютные величины цифровых коэффициентов весомости при взвешивании задач.

При ранжировании задач эти процентные отношения могут быть выражены следующим образом:

Задачи	Процентные отношения		
	монорельсовая дорога	автоматизированная дорожная система	максимальное значение
Отсутствие жалоб	$(1,0-0,4) \times 100=60$	$(1,0-0,15) \times 100=85$	100
Приемлемые налоги	$3/4 \times 100=75$	$2/4 \times 100=50$	100
Авторитет властей	$4/4 \times 100=100$	$3/4 \times 100=75$	100
Гордость горожан	$4/4 \times 100=100$	$2/4 \times 100=50$	100
Среднее значение	84	65	

При взвешивании задач цифровые показатели могут быть выражены

следующим образом:

Задачи	Коэффициент весомости		
	монопольная дорога	автоматизированная дорожная система	максимальное значение
Отсутствие жалоб	$(1,0-0,4) \times 60 = 36$	$(1,0-0,15) \times 60 = 51$	60
Приемлемые налоги	$3/4 \times 20 = 15$	$2/4 \times 20 = 10$	20
Авторитет властей	$4/4 \times 10 = 10$	$3/4 \times 10 = 7,5$	10
Гордость горожан	$4/4 \times 10 = 10$	$2/4 \times 10 = 5$	10
Общий итог	71	73,5	100

6. Выбрать альтернативные проектные решения, имеющие наилучшее процентное отношение или наибольший коэффициент весомости.

В соответствии с результатами ранжирования задач следует выбрать автоматизацию транспортной системы, так как она получила более высокое процентное отношение для задачи наивысшего ранга. Однако можно выбрать и монопольную дорогу, так как среднее значение для нее больше и она в большей степени отвечает всем задачам.

В соответствии с результатами взвешивания задач следует выбрать автоматизированную систему транспорта, так как для нее коэффициент весомости больше. Если возникают сомнения в правильности системы оценки, когда уже имеются результаты взвешивания, может появиться искушение внести некоторые изменения в назначаемые коэффициенты весомости. Это бывает целесообразным, если отражает новое положение вещей, когда уже имеется дополнительная информация и видны результаты первоначальных предположений.

Замечания

Многим читателям приведенный выше пример покажется абсурдным. Действительно, было бы ошибочным исходить из допущения, что арифметические действия можно производить с любыми цифровыми данными; на самом деле такие действия можно производить только над теми данными, которые могут быть измерены по интервальной или пропорциональной шкале (см. разд. 9.8). Ранжирование и взвешивание, производимые при игнорировании

правил оперирования со шкальными измерениями, могут давать столь же неверные результаты, как, скажем, измерение с помощью резиновой ленты, или же могут оказаться столь же наивными, как вычисление полного размера предмета путем сложения его массы и объема. Если не установлены логические связи между измеряемыми параметрами, нет способа провести значимые сравнения по единой шкале. Например, величины 60, 20 и 10, назначенные на шаге 3, получены в предположении, что важность этих задач не меняется в зависимости от обстоятельств; однако всегда ли существует уверенность, что это так? Если же предполагаемые зависимости в действительности меняются, нет надобности использовать субъективные суждения в качестве основы для сравнения. Фактически при ранжировании или взвешивании задач, которые нельзя сравнить никаким другим способом, затушевывается определенная информация относительно каждой задачи, которая может повлиять на принятие решения. Итоговые показатели ранжирования и взвешивания вводят в заблуждение потому, что из реальной действительности выхватывается отрывочная информация и группируется в арифметические соотношения, которые могут не иметь ничего общего с действительными соотношениями данных. Вычисления при ранжировании и взвешивании являются логической схемой, которая при отсутствии каких-либо других данных принимается за модель взаимосвязей между задачами в реальной действительности.

Характерный недостаток ранжирования состоит в том, что предпочтения в выборе альтернатив при их сравнении парами могут отличаться от предпочте-

ний при сравнении трех или более альтернатив одновременно. Например, покупая автомобиль, можно решить, что скорость его является более важным аспектом, чем экономичность, а экономичность — более важным аспектом, чем цвет. Если эти два предпочтения положить в основу при ранжировании, порядок предпочтения будет следующим:

- 1 — скорость;
- 2 — экономичность;
- 3 — цвет.

Однако если предстоит сделать выбор между автомобилем с высокой скоростью, но неэкономичным и окрашенным не в желательный цвет, экономичным автомобилем, но с небольшой скоростью и нежелательного цвета и, наконец, автомобилем нужного цвета, но с небольшой скоростью и неэкономичным, то, вероятно, выбор в конце концов падет на самый экономичный автомобиль. В данном случае это возможно, так как все три автомобиля настолько далеки от идеала: "быстрый, экономичный и нужного цвета", что покупается самый дешевый из них. Таким образом, ранжирование в этих условиях будет следующим:

- 1 — экономичность;
- 2 — скорость и цвет.

Это пример того, что можно назвать *нетранзитивной* зависимостью, в которой A превышает B , а B превышает C при *парных* сравнениях, но порядок " B превышает A и C превышает A " может также иметь место, если сравниваются одновременно три или более альтернативы, т.е. когда процесс ранжирования отличается от процесса выбора.

Можно утверждать, что взвешивание задач искажает модель проблемы и опасным образом ограничивает области поиска для проектировщика. Это происходит потому, что на коэффициент весомости, назначаемый задаче, значительное влияние оказывает то, каким способом предполагается выполнить эту задачу. Например, если речь идет о проектировании автомобиля "Роллс-ройс", задача удобства его размещения на стоянке не получила бы высокого коэффициента

весомости. Если же проектируется микролитражный автомобиль, простота выбора места для его стоянки приобретает высокий приоритет.

Важный вопрос для проектировщика, пытающегося ранжировать или взвешивать задачи, состоит в том, окажутся ли ошибки от пренебрежения нетранзитивными величинами или от предвосхищения частных решений при назначении весов достаточно большими, чтобы исказить его решения, или же достаточно малыми, чтобы ими можно было пренебречь. Тот факт, что специалисты довольно часто и успешно используют эти методы, заставляет предположить, что эти ошибки не всегда настолько велики, чтобы исказить результаты (см. разд. 12.4 и последний этап примера в разд. 11.3). Таким образом, хотя полностью устранить недостатки этих методов и не удастся, можно все же проявить необходимую осторожность при их использовании.

Холл [58] подробно объясняет, почему большинство методов расчета страдает подобными недостатками. Он указывает, что математически строгие вычисления применимы только для задач низшего порядка, а при сравнении задач высшего порядка неизбежно некоторое сочетание вычислений с догадками. В качестве практического правила можно рекомендовать во всех случаях, когда имеются сомнения в применимости вычислений, просто сравнивать задачи мысленно или путем обсуждения. Иначе не остается ничего другого, как основывать свои суждения на субъективных моральных принципах и на вере (полагаясь, таким образом, на стабильность и незыблемость этих принципов при всех социально-технических изменениях).

Применение

Строго говоря, эти методы не очень действенны, хотя есть ситуации, в которых они, по-видимому, уменьшают трудности принятия решений. Однако это может иметь и неприятные последствия, если принимаемые решения носят критический характер.

Обучение

Легкость применения этих грубых форм оптимизации не должна затемнять необ-

ходимость в надлежащем понимании математических принципов, используемых при назначении цифровых значений переменным величинам, которые трудно измерить.

Стоимость и время

Незначительны.

Библиография

Холл [58], Саноф [86].

12.4. Составление технического задания

Цель

Описать приемлемый конечный результат предстоящего процесса проектирования.

План действий

1. В предварительном плане охарактеризовать ряд возможных результатов на разных уровнях общности.
2. Выбрать низший уровень общности, предоставляющий проектировщикам достаточную свободу решений.
3. Определить ожидаемый результат проектирования *вне зависимости* от проектных характеристик, которые проектировщики могут свободно изменять, и *в зависимости* от эксплуатационных характеристик, которые проектировщики в состоянии прогнозировать.

Пример 1

Составить техническое задание на проектирование дверей.

1. В предварительном плане охарактеризовать ряд возможных результатов на разных уровнях общности.

Ниже перечислены некоторые характеристики существующих типов дверей и дверных проемов:

Уровень 1. Характеристики дверей:

прозрачные/непрозрачные;
воздухонепроницаемые/перфорированные;
запираемые/свободно открывающиеся;
поворотные в одном направлении/в обоих направлениях.

Уровень 2. Типы дверей:
поворотные;

вращающиеся;
раздвижные;
складные;
открывающиеся автоматически.

Уровень 3. Альтернативы дверям:

воздушная завеса;
занавес из ткани;
открытый проем;
шторы из бус;
швейцар.

2. Выбрать низший уровень общности, предоставляющий проектировщикам достаточную свободу решений.

Предположим, что возможны три проектные ситуации:

- а) проектирование стандартной двери для жилых зданий, предназначенной для массового производства;
- б) выбор типов дверей, которые должны использоваться в различных частях нового здания аэровокзала;
- в) определение требований безопасности к эвакуации пассажиров из средств общественного транспорта.

Каждому случаю соответствует различный уровень общности. Можно предполагать, что целью проектировщиков двери массового производства будет переконструирование традиционной поворотной двери, открывающейся в одну сторону, с использованием новых материалов и новой технологии изготовления. Поэтому им требуется свобода проектирования только на уровне 1 (характеристики дверей). Архитекторам, выбирающим двери для здания аэровокзала, потребуется свобода проектирования на уровне 2 (типы дверей) и даже на уровне 3 (альтернативы дверям). Может оказаться, что у них не будет времени и средств, чтобы *спроектировать* новые типы дверей; тогда они должны быть уверены в том, что *выбрали* наилучшие из имеющихся конструкций. Можно предположить, что требования безопасности к эвакуации пассажиров из транспорта будут применимы к разнообразным проектным ситуациям в будущем, для некоторых из которых может потребоваться свобода проектирования на уровне 3 (альтернативы дверям), например разработка запасных выходов для таких новых типов скоростных транспортных

систем, как монорельсовые. Однако в большинстве случаев такое техническое задание будет применяться при проектировании обычных дверей для автобусов и поездов. В этих случаях окажется достаточной свобода проектирования на уровне 1 (характеристики дверей).

3. Определить ожидаемый результат проектирования в не зависимости от проектных характеристик, которые проектировщики могут свободно изменять, и в зависимости от эксплуатационных характеристик, которые проектировщики в состоянии прогнозировать.

Предварительные технические задания для каждой из трех проектных ситуаций могут включать следующие требования:

Дверь массового производства для жилых зданий:

"Дверь должна обеспечивать достаточную звукоизоляцию".

Двери в здании аэровокзала:

"Двери в зале прибытия пассажиров должны открываться автоматически".

Двери для эвакуации пассажиров из транспортных средств:

"Запасные двери должны открываться наружу и обеспечивать эвакуацию пассажиров за две минуты".

Эти формулировки не уравнивают должным образом противоречивые требования свободы проектирования и стоимости прогнозирования эксплуатационных характеристик. Критические замечания и улучшенные формулировки приводятся ниже:

"Дверь должна обеспечивать достаточную звукоизоляцию".

Эта характеристика предоставляет проектировщикам гораздо большую свободу, чем им необходимо, и требует от них значительных затрат на исследования для определения того, что следует понимать под "достаточной" и "звукоизоляцией", с тем чтобы они сумели распознать приемлемую дверь, когда она будет предложена. Более целесообразной была бы формулировка: "Узел двери с рамой должен снижать уровень шума пролетающего самолета не менее чем

на 25 дБ". Такое задание указывает проектировщикам цель, достижение которой они легко могут распознать при минимальных испытаниях, и в то же время оставляет им свободу экспериментировать с новыми звукопоглощающими материалами, уплотнителями и т.д.

"Двери в зале прибытия пассажиров должны открываться автоматически".

Здесь допущена ошибка в другом направлении. Это требование исключает такие альтернативы, как воздушная завеса, и не сообщает проектировщику, является ли автоматическая дверь во всех случаях наилучшим вариантом. Лучше было бы разделить это требование на две части.

1. "Пассажиры должны иметь возможность войти в здание аэровокзала не пользуясь руками для обеспечения прохода".

2. "Тепловой комфорт пассажира, сидящего в течение 2 ч на расстоянии 6 м от входа, должен быть не хуже теплового комфорта людей, сидящих в других местах зала ожидания".

Такое задание вскрывает противоречивые соображения, связанные с желанием иметь автоматическую дверь (обеспечение прохода пассажира с багажом в обеих руках и предотвращение проникновения холода снаружи), и позволяет проектировщику выбрать любой способ одновременного выполнения этих требований, например: автоматические поворотные двери, простые поворотные двери при наличии швейцара, воздушная завеса.

Требование "Запасные двери должны открываться наружу и обеспечивать эвакуацию пассажиров за две минуты" имеет два недостатка. Во-первых, здесь смешаны уровни общности, ибо "открываться наружу" — это характеристика двери (уровень 1), а "эвакуация пассажиров за две минуты" — весьма общее требование (уровень 3 или выше), что предоставляет проектировщику возможность решать, должны ли пассажиры покидать транспорт через дверь или для этого должны быть предусмотрены другие средства, например съемные окна, раскрываемые стены, отделяемые крыши или даже катапультируемые кресла.

Такое смешение уровней общности ничего не дает проектировщикам, так как один подробно описанный пункт в задании может лишить их свободы действий в отношении всего остального. Второй недостаток такого задания состоит в том, что в нем не учитывается необходимость применения самых различных уровней общности к разнообразным средствам транспорта, к которым могут относиться требования правил безопасности.

Чтобы устранить эти недостатки, следует, во-первых, обеспечить *единый* уровень общности для всего задания так, чтобы им могла пользоваться *одна* проектная группа, и, во-вторых, составить *альтернативные* задания для каждого уровня общности, которые могут понадобиться *разным* проектным группам. Так, проектировщики запасных дверей в обычных автобусах могли бы выбрать задание, гласящее, что "на каждые 20 пассажиров должна быть предусмотрена запасная дверь, открывающаяся наружу и обеспечивающая проход шириной 510 мм (выше минимума 450 мм)". Это изменение введено в формулировку для того, чтобы выразить требуемое время эвакуации пассажиров в виде конкретной рекомендации, имеющей тот же уровень общности, что и понятие "открываться наружу". Можно предположить, что большинство конструкторов традиционных автобусов будут заняты лишь вопросами детальной проработки конструкции и не смогут предсказать время, необходимое для эвакуации пассажиров другими способами (приведенные здесь цифры основаны лишь на субъективных оценках автора). Можно составить и другой вариант задания, который больше соответствовал бы проектированию таких новых средств общественного транспорта, как монорельсовая система или самолет с вертикальным взлетом. Его можно было бы сформулировать так: "Все пассажиры, способные двигаться, должны иметь возможность покинуть транспортное средство в течение двух минут при любой аварии, если транспортное средство в этот момент находится на уровне земли". Это требование отличается от первоначального в двух отношениях: оно исключает ссылку на "открывание наружу" (так как это уже не имеет зна-

чения, если указано, что эвакуация должна произойти в течение двух минут) и относится только а) к пассажирам, способным двигаться, и б) к авариям, происходящим на земле. Из этой формулировки полностью исключены требования к эвакуации неспособных двигаться пассажиров при авариях, происходящих на земле, и к эвакуации всех пассажиров в условиях, когда транспортное средство находится выше уровня земли (например, выгоны подвесной монорельсовой системы или новый вид автобуса, движущегося автоматически по надземным направляющим). Для таких случаев должно быть составлено особое задание. Ясно, что для составления технического задания на высоких уровнях общности требуются как моральные, так и экономические оценки, например: "Насколько больше согласятся люди платить за то, чтобы пользоваться транспортом, из которого раненые пассажиры смогут спастись наравне с невредимыми". На нижнем уровне общности такие вопросы не возникают.

Пример 2

Ряд взаимно согласованных технических заданий для решения проблемы транспортных заторов приведен в разд. 11.4.

Замечания

Очень трудно провести границу между данным методом составления задания и методами, изложенными в разд. 9.1 и 12.2. Основные различия состоят в следующем:

Формулирование задач — процедура, с помощью которой проектировщики расширяют задание заказчика и исследуют возможности его реализации. Предполагается, что бригада проектировщиков располагает большей информацией, чем заказчики.

Составление технического задания — процедура, с помощью которой заказчики или независимые группы специалистов, такие, как инженеры по технике безопасности, задают характеристики приемлемых результатов предстоящего процесса проектирования. Предполагается, что составители технического задания знают больше, чем проектировщики, об условиях, которые должны быть удовлетворены.

Выбор критериев — процедура, с помощью которой неопределенные задачи и технические задания преобразуются в форму, допускающую объективные измерения. Часто быстрее и дешевле оказывается сначала исследовать альтернативные задачи и технические задания, пусть даже в довольно неопределенных выражениях, а лишь затем приступить к дорогостоящему процессу преобразо-

вания отобранных задач в измеряемые критерии.

В связи с этим следует более тщательно рассмотреть понятие общности, к которому автор прибегает во многих местах этой книги, особенно же в гл. 3 и 5 и в данном разделе. Ниже приводятся три основных уровня общности формулировок, а также способы их проверки на этих уровнях.

Уровень общности	Метод проверки
А. Онтологическое знание, например потребность в безопасности	Общее согласие
Б. Логическое знание, например несовместимость запасных дверей с пристегиванием пассажиров ремнями к креслам	Логическое соответствие между формулировками
В. Научное знание, например скорость прохода людей через двери	Объективные наблюдения (т. е. не зависящие от субъективных особенностей наблюдателей)

Объективные критерии должны быть на уровне научного знания. Технические задания должны составляться главным образом на уровне логического знания, и их можно развивать и совершенствовать путем проверки их логической согласованности. Конечные задачи должны оставаться на онтологическом уровне, их правильность или неправильность не может быть доказана, они устанавливаются на основе личных убеждений путем ссылки на принципы, путем переубеждения, соглашения, компромисса, путем голосования, на основе законов или волевого решения. Второстепенные задачи, т.е. те, которые служат средством для достижения конечных задач, рассеяны вниз через логический уровень вплоть до уровня научного знания. В процессе правильно организованной разработки проекта конструкторы должны поддерживать преемственность между этими тремя уровнями путем вычерчивания иерархических или сетевых схем задач, путем составления логически согласованных технических заданий и формулирования объективных критериев, с помощью которых устанавливается приемлемость проекта.

Указанные уровни знания отличаются, конечно, от уровней конкретизации, приведенных в примере с проектированием

дверей. И эти два типа уровней связаны друг с другом только через действия потребителей. Например, пригодность стальной плиты толщиной 6 мм в конкретной ситуации может оказаться онтологическим вопросом, если плита является частью скульптуры, но это может стать и логическим вопросом, если данная толщина плиты выбрана с целью уменьшения массы изделия. Если же плита выбрана за ее прочностные характеристики, то ее пригодность может быть определена путем научных исследований и наблюдений.

Полностью выяснить различные запутанные вопросы и раскрыть трудности, которые могут возникнуть в связи с концепцией уровней общности, не входит в задачу этой книги, да и лежит за пределами компетенции автора. Однако мы надеемся, что приведенные примеры позволят уменьшить неопределенность, всегда испытываемую теми, кто составляет технические задания.

Применение

Как видно из приведенного примера, важно, чтобы степень общности задания была приведена в соответствие с потребностями проектной группы. При составлении заданий для нескольких проект-

ных групп, работающих на разных уровнях общности, можно создать несколько вариантов для каждого уровня. Составление технического задания, возможно, самый полезный из инструментов проектирования, лежащих выше уровня работы с масштабным чертежом, но это трудное искусство.

Обучение

Многие считают составление технического задания чрезвычайно трудным делом и затрудняются даже определить, когда эти задания помогают, а когда мешают процессу проектирования. Вероятно, трудность эта вытекает из необходимости соотнесения заданий с конечными задачами, удерживая их в то же время на логически согласованном и правильно выбранном уровне общности. Кроме того, опытный специалист должен уметь подбирать слова, чтобы свести до минимума последующие трудности перевода задания на язык объективных критериев. Все три процесса: дивергенция, трансформация и конвергенция, рассматриваемые в гл. 5, участвуют в мыслительном процессе при составлении технического задания.

Составителям технических заданий можно дать следующие советы:

1. Выявите функции объекта, спросив себя, что *не сможет* произойти, если данного объекта не будет. Например, если бы не было книг, у нас не было бы способа "получить быстрый доступ к любой строчке большого печатного документа". Многие из тех, кому предложили бы дать определение функций книги, могли бы упустить этот существенный аспект из виду и вспомнили бы только о таких ее второстепенных функциях, как хранение листов текста в портативном виде и их защита от повреждений с помощью жесткого переплета.

2. Найдите функции, одновременно свойственные нескольким различным объектам, применяемым для сходных целей. Например, какие функции являются общими для лестниц, лифтов и эскалаторов или для гвоздей, винтов и клеящих веществ?

3. Не рассчитывайте получить правильные технические задания с первого раза. Легче начать с произвольных заданий,

которые быстро приходят в голову, а затем видоизменять их до тех пор, пока не будет достигнут единый и постоянный уровень общности для всего задания. Затем уже можно переходить от неопределенных высказываний к более точным выражениям, чтобы уменьшить трудности выбора критериев.

Превосходным руководством по составлению заданий может служить работа Мейнстоуна, Бьянко и Гаррисона [120], которая, к сожалению, слишком поздно поступила в распоряжение автора, чтобы он мог рассмотреть ее в этой книге.

Стоимость и время

Сказанное выше имело своей главной целью подчеркнуть необходимость нахождения компромисса между свободой новаторского творчества и способностью прогнозировать эксплуатационные характеристики широкого разнообразия альтернативных проектных решений. "Штрафы" должны быть сопоставлены с "издержками", т.е. убытки из-за исключения новых решений проблемы (путем составления слишком детальных заданий) должны быть согласованы со стоимостью испытаний, которые позволили бы выявить и сопоставить приемлемые решения на высоком уровне оригинальности и общности.

На составление даже небольшого числа заданий могут потребоваться месяцы или годы, если специалисту придется проводить исследования, чтобы выразить неопределенные цели в виде критериев, допускающих строгую проверку. Но если проектная группа имеет достаточный опыт или исследовательские навыки, позволяющие работать и без наличия объективных критериев, на составление задания может потребоваться всего несколько часов или дней.

Библиография

Мейнстоун, Бьянко и Гаррисон [120].

12.5. Индекс надежности по Квирку

Цель

Позволить неопытным проектировщикам выявлять ненадежные элементы без испытания всей конструкции.

План действий

1. Подготовить описательную классификацию, включающую все характеристики, относящиеся к надежности деталей, а также все случаи ненадежности¹⁾ для рассматриваемого типа изделия.
2. Предложить опытным проектировщикам оценить степень, с которой каждая пара элементов в данной классификации увеличивает ненадежность изделия.
3. На основе сделанных инженерами оценок вычислить средние величины показателей ненадежности для каждого элемента классификации.
4. Выбрать элементы для описания каждой детали новой конструкции.

6. Изменить конструкцию деталей, для которых получился высокий показатель ненадежности.

Пример

Вычислить показатели ненадежности каждой детали системы (рис. 12.1). Этот пример и иллюстрации воспроизводятся из книги Квирка [121].

1. Подготовить описательную классификацию, включающую все характеристики, относящиеся к надежности деталей, а также все случаи ненадежности для рассматриваемого типа изделия.

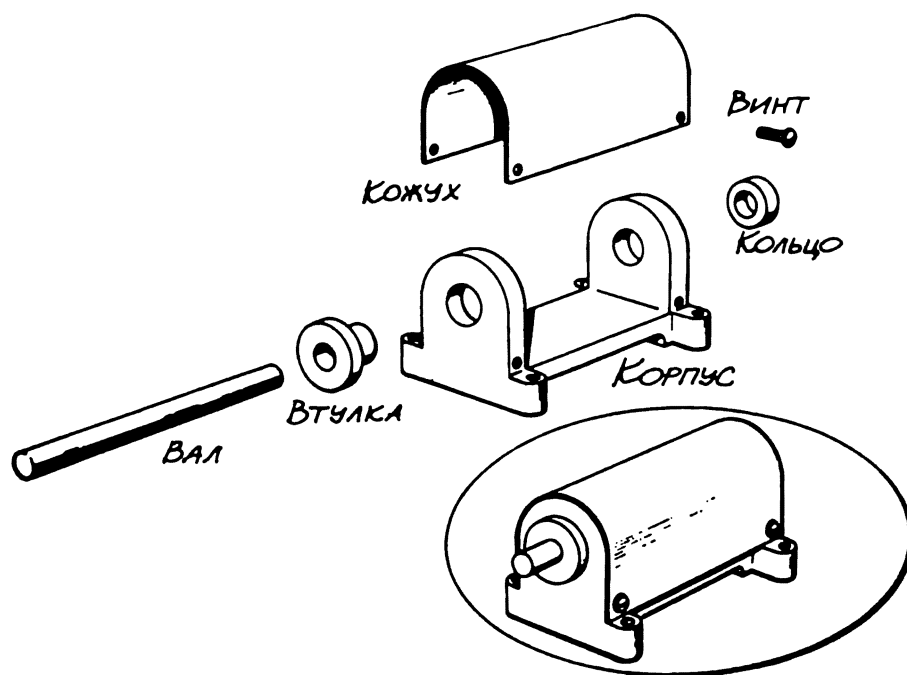


Рис. 12.1.

5. Вычислить средний цифровой показатель ненадежности для каждой детали

¹⁾ Определяя надежность изделия, автор здесь и далее пользуется введенным им показателем "ненадежности". — Прим. ред.

Квирк приводит классификацию, пригодную для большинства механических устройств. Причины ненадежности указаны в первой колонке помещенной ниже таблицы, а характеристики, имеющие отношение к надежности, — в остальных ее колонках.

1 Нагрузки среды	2 Тип соединения	3 Функция	4 Тип заготовки
1.1. Статические	2.1. Заклепки	3.1. Соединять	4.1. Поковка
1.2. Давление	2.2. Болты	3.2. Защищать	*4.2. Отливка
1.3. Влажность	2.3. Винты	3.3. Охватывать	4.3. Отливка в форме
1.4. Удар	2.4. Резьба	3.4. Вмещать	4.4. Лист
1.5. Вибрация	2.5. Сварка	3.5. Держать	4.5. Стержень
1.6. Ускорение	2.6. Пайка	3.6. Двигать	4.6. Монолит
1.7. Температура	*2.7. Запрессовка	3.7. Поворачивать	4.7. Лента
1.8. Коррозия	2.8. Штифты	*3.8. Вращать	4.8. Трубка
1.9. Напряжение	2.9. Клеевое	3.9. Уплотнять	4.9. Выдавленная деталь
*1.10. Трение			
5 Операция обработки	6 Название детали	7 Форма	8 Материал
*5.1. Сверление	6.1. Кожух	7.1. Сферическая	8.1. Чугун
5.2. Распиловка	6.2. Скоба	7.2. Кубическая	8.2. Сталь
*5.3. Обточка	6.3. Крышка	7.3. Треугольная	8.3. Алюминий
5.4. Фрезерование	6.4. Рукоятка	7.4. Прямоугольная	8.4. Медь
5.5. Нарезка резьбы	6.5. Рама	7.5. Неправильная	*8.5. Бронза
*5.6. Расточка	6.6. Вал	*7.6. Цилиндрическая	8.6. Цинк
5.7. Опиловка	6.7. Шестерня	7.7. Шестиугольная	8.7. Олово
5.8. Стругание	*6.8. Втулка	7.8. Плоская	8.8. Дерево
5.9. Сгибание	6.9. Трубка	7.9. Овального сечения	8.9. Стекло
5.10. Резка			8.10. Нейлон
5.11. Штамповка			8.11. Пластик
5.12. Прокатка			8.12. Бумага
5.13. Формовка			8.13. Резина
<p>П р и м е ч а н и е. Об элементах, отмеченных звездочкой, см. в тексте. Для изделий другого типа (например, зданий, химических установок, электрических устройств) потребуются другие матрицы.</p>			

2. Предложить опытным проектировщикам оценить степень, с которой каждая пара элементов в данной классификации увеличивает ненадежность изделия.

Каждый элемент попарно сравнивается с каждым другим в матрице взаимодействий (см. разд. 11.1), при этом исключаются названия категорий. Опытных инженеров просят приписать каждой паре показатель ненадежности по пятибалльной шкале:

1=наименьшая;
 2 }
 3 } = средние значения;
 4 }
 5=наибольшая.

Квирк приводит следующие примеры:
 8.1/3.1 (чугун — соединять) получает оценку 2, поскольку чугунное соединение не столь надежно, как соединение из другого материала, например стали.
 8.2/3.1 (сталь—соединять) получает оценку 1.

8.1/6.1 (чугун—кожух) получает оценку 1, так как чугунный кожух имеет не больше шансов выйти из строя, чем кожух из другого материала.

8.1/3.3 (чугун—охватывать) получает оценку 2, поскольку среди перечисленных материалов имеется по крайней мере еще один, вероятность отказа которого при использовании в качестве скобы меньше, чем у чугуна.

3. На основе сделанных инженерами оценок вычислить средние величины показателей надежности для каждого элемента классификации.

Вычисляется средняя величина для каждого элемента и умножается на 10 для удобства оперирования с получающимися числами. По-видимому, частные средние для парных сочетаний одного элемента с элементами всех других категорий будут различаться не более чем на 5...10%, например среднее значение для чугуна в графе "Функция" будет равно 23, а в графе "Название детали" — 21.

4. Выбрать элементы для описания каждой детали новой конструкции.

Квирк классифицирует втулку системы, показанную на рис. 12.1, элементами, отмеченными в таблице звездочками.

5. Вычислить средний цифровой показатель надежности для каждой детали.

Для деталей системы получены следующие цифровые показатели:

втулка	26,3,
вал	23,4,
корпус	21,8,
кольцо	19,8,
кожух	19,3,
винт	19,2.

Эти величины указывают на то, что наименее надежной деталью является втулка, наиболее надежной — винт.

Методы вычисления показателей, по-видимому, дают величины от 10 до 50. Однако приведенный пример заставляет предположить, что на практике используются только средние величины этого диапазона.

6. Изменить конструкцию деталей, для которых получился высокий показатель надежности.

В данном случае можно было бы изменить конструкцию втулки таким образом, чтобы ее показатель стал не выше 23.

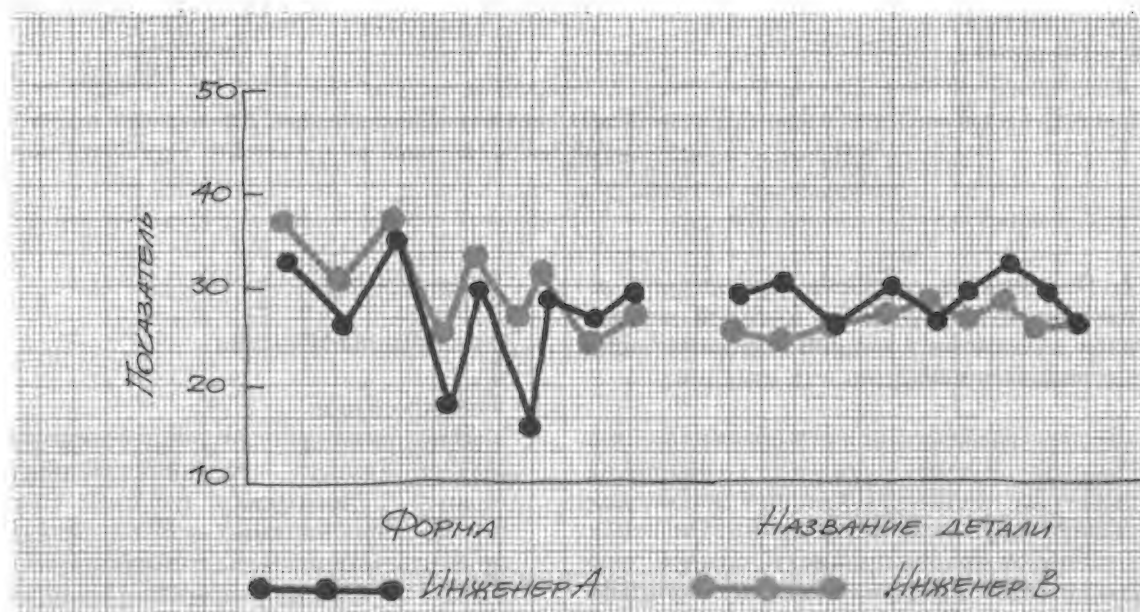


Рис. 12.2

Замечания

Опытные проектировщики, вероятно скажут, что эта методика не дает им в руки ничего нового. Менее опытные проектировщики, однако, найдут, что метод может оказать им большую помощь при отсутствии квалифицированных консультантов и в тех случаях, когда нет времени или средств для практического испытания деталей на надежность. Главный принцип, лежащий в основе этого метода, состоит в выражении субъективных суждений с помощью некоторой математической модели. Можно предположить, что на результатах могут отрицательно сказаться: а) различия между оценками разных специалистов и б) сомнительное допущение относительно того, что субъективные оценки распределены по шкале с фиксированным нулем на одинаковых интервалах друг от друга (разд. 9.8).

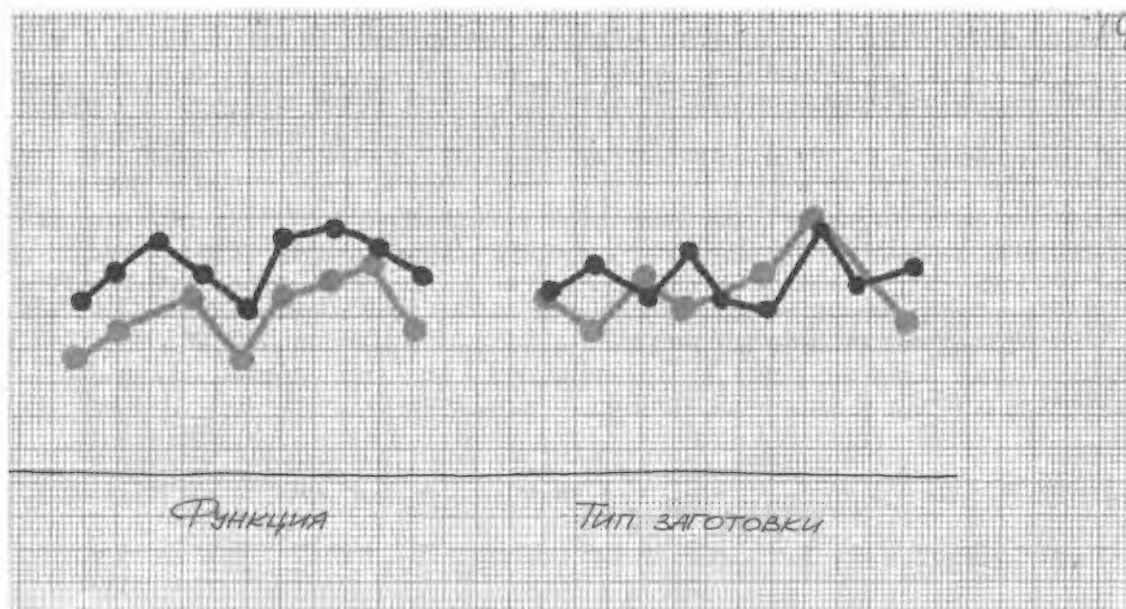
Квирк считает, что "требуется провести значительную исследовательскую работу", прежде чем можно будет дать обоснованную оценку достоинств и недостатков этого метода. Он указывает, однако, что если показатели, назначенные неопытными инженерами, значительно отличаются друг от друга, то оценки опытных инженеров почти сов-

падают. Составленная им диаграмма цифровых показателей, назначенных двумя опытными инженерами для четырех категорий элементов (рис. 12.2), показывает, что ошибки, обусловленные двумя указанными выше причинами, удивительно малы. Влияние субъективных различий в оценках может быть полностью исключено, если цифровые показатели будут получены с помощью ЭВМ по результатам физических испытаний на надежность.

Метод Квирка не применим к проектированию сборных узлов, а годится лишь для проектирования отдельных деталей. Поэтому было бы ошибочно исходить из предположения, что изделие обязательно будет надежным, если все его детали имеют показатели ненадежности.

Применение

Этот метод имеет смысл использовать в тех случаях, когда отказ изделия приведет к значительным убыткам, когда имеются опытные инженеры, способные правильно назначать показатели ненадежности, и когда необходимо спроектировать большое количество деталей силами неопытных проектировщиков без квалифицированных консультантов.



Обучение

Методом пользоваться очень просто и, по-видимому, никакой специальной подготовки для этого не требуется.

Стоимость и время

Составление матрицы цифровых показателей требует сравнения нескольких тысяч пар элементов, для чего может потребоваться несколько человеко-недель для каждого эксперта, мнение которого

запрашивается. Это вполне умеренные затраты, если убытки в результате ненадежности изделия могут быть значительными, а испытание каждой детали на долговечность провести невозможно. Когда матрица составлена, вычисление индекса ненадежности занимает всего несколько минут.

Библиография

Квирк [121].

Литература

1. Jones J.C., Ward A.J., Haywood P.W., Reading dials at shot distances, *A.E.I. Engineering*, 5 1 (1965).
2. Gregory S., Creativity in chemical engineering research, *Proc. of The Symp. on Productivity in Research*, Inst. of Chem. Eng., London, 1966.
3. Jones J.C., The state-of-the-art in design research, *Design methods in architecture*, Broadbent G.H., Ward A. (eds.), Lund Humphries for Archit., London, 1969; *Proc. of the Conf. of the Design Methods Group*, Boston, MIT Press, 1968; Cambridge, Mass., 1968.
4. Alexander C., The determination of components for an Indian village, *Conference on Design Methods*, Jones J.C., Thornley D.G. (eds.), Pergamon, Oxford, 1963; Macmillan, New York, 1963.
5. Archer L.B., Systematic method for designers, Council of Industrial Design, London, 1965.
6. Asimow M., Introduction to design, Prentice-Hall, New York, 1962.
7. Booker P.J., Written contribution appended to Conference on the Teaching of Engineering Design, Booker P.J. (ed.), Inst. of Eng. Designers, London, 1964.
8. Farr M., Design management, Hutchinson, London, 1966.
9. De Leeuw M., De Leeuw E., Read better, read faster, Penguin Books, Harmondsworth, Middlesex, 1965.
10. Jones J.C., Design methods reviewed, *The design method*, Gregory S. (ed.), Butterworths, London, 1966.
11. Matchett E., Control of thought in creative work, *Chartered Mech. Eng.*, 14, 4 (1968).
12. Page J.K., Contribution to building for people, 1965 Conf. Rep., Ministry of Public Building and Works, London, 1966.
13. Reswick J.B., Prospectus for Engineering Design Centre, Case Inst. of Technol., Cleveland, Ohio, 1965.
14. Sturt G., The wheelwright's shop, Cambridge Univ. Press, London, 1923.
15. Jenkins J.G., The English farm wagon, origins and structure, Oakwood Press for the Museum of English Rural Life, Univ. of Reading, Lingfield, Surrey, 1961.
16. Royal Institute of British Architects, *Handbook of Architectural Practice and Management*, Royal Inst. of British Architects, London, 1965.
17. Broadbent G.H., Creativity, *The design method*, Gregory S. (ed.), Butterworths, London, 1966.
18. Broadbent G.H., The psychological background, *Proc. of the Conf. on the Teaching of Design, Design Methods in Architecture*, Ulm, BRD, 1966; Ministry of Education and Science, London, 1966.
19. Parkinson C.N., Parkinson's law: or the pursuit of progress, Murray, London, 1958.
20. Lewis B.N., Communication in problem-solving groups, *Conf. on Design Methods*, Jones J.C., Thornley D.G. (eds.), Pergamon, Oxford, 1963; Macmillan, New York, 1963.
21. Bos H.L., Forecasting developments in transportation, *Proc. of the First European Conf. on Technological Forecasting*, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh, 1969.
22. Osborn A.F., Applied imagination, Scribener's Sons, 1963.
23. Gordon W.J.J., Syntectics: the development of creative capacity, Harper & Row, New York, 1961.
24. Newman A.D., Patterns, *The design method*, Gregory S. (ed.), Butterworths, London, 1966.
25. Bartlett F., Remembering, Cambridge Univ. Press, London, 1961.
26. Piaget J., The language and the thought of the child, Routledge and Kegan Paul, London, 1959; New Humanities Press, New York, 1959.

27. O'Doherty E.F., Psychological aspects of the creative act, *Conf. on Design Methods*, Jones J.C., Thornley D.G. (eds.), Pergamon, Oxford, 1963; Macmillan, New York, 1963.
28. Gosling W., The relevance of system engineering, *Conf. on Design Methods*, Jones J.C., Thornley D.G. (eds.), Pergamon, Oxford, 1963; Macmillan, New York, 1963.
29. Marples D.L., The decisions of engineering design, Inst. of Eng. Designers, London, 1960.
30. Roberts E.B., The dynamics of research and development, Evanston, New York, 1964; Harper & Row, London, 1964.
31. Fogel L.J., Owens A.J., Walsh M.J., Artificial intelligence through simulated evolution, Wiley, New York – London – Sydney, 1966.
32. Archer L.B., The structure of design processes, Royal College of Art, London, 1968.
33. Watts R.D., The elements of design, *The design method*, Gregory S. (eds.), Butterworths, London, 1966.
34. Mannheim M.L., Problem-solving processes in planning and design, *Prof. Pap. P67-3*, Dept. of Civil Eng., MIT, Cambridge, Mass., 1967.
35. Beer St., Decision and control, Wiley, London – New York – Sydney, 1966.
36. Mannheim M.L., Hall F.L., Abstract representation of goals, a method for making decisions in complex problems, *Prof. Pap. P67-24*, Dept. of Civil Eng., MIT, Cambridge, Mass., 1968; *Proc. of the 1967 Transportation Eng. Conf.*, Acad. Sci. and ASME, New York, 1967.
37. Brodey W.M., Lindgren N., Human enhancement through evolutionary technology, IEEE Spectrum, Sept., 1967.
38. Brodey W.M., Lindgren N., Human enhancement: beyond the machine age, IEEE Spectrum, Febr., 1968.
39. Daly J., A philosophical critique of behaviourism in architectural design, *Design Methods in Architecture*, Bradbent G., Ward A. (eds.), Lund Humphries, for the Archit. Assoc., London, 1969.
40. Esherick J., Problems of the design of a design system, *Conf. on Design Methods*, Jones J.C., Thornley D.G. (eds.), Pergamon, Oxford, 1963; Macmillan, New York, 1963.
41. Hoos I.R., A critique on the application of systems analysis to social problems, *Internal Paper No. 61*, Space Science Lab., Social Science Project, Univ. of California, Berkeley, 1967.
42. Marcuse H., One-dimensional man, Routledge and Kegan Paul, London, 1964.
43. Ellul J., The technological society, Alfred A. Knopf and Random House, Vintage Book, V-390, New York, 1964.
44. Wilde D.J., Optimum seeking methods, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1964.
45. Levin P.H., Decision making in urban design, *Current Papers, Design Ser., No. 49*, Building Res. Station, Watford, 1966.
46. Levin P.H., The design processes in planning, *Town Planning Rev.*, 37, (1), 5–20 (1966).
47. Parton K.C., The use of a digital computer in design offices, *The design method*, Gregory S. (ed.), Butterworths, London, 1966.
48. Starr M.K., Product design and design theory, Prentice-Hall, New York, 1963.
49. Kaufmann A., The science of design-making, World Univ. Library, Weidenfeld and Nicolson, London, 1968.
50. Davis H., Experience with value analysis as a working tool, *Proc. of the Inst. of Mechanical Engineers*, 180, Part 1, 24, 1965 – 1966.
51. Miles L.D., Techniques of value analysis and engineering, McGraw-Hill, New York, 1961.
52. American Ordnance Association, Fringe effects of value engineering, Value Eng. Sub. Committee, U.S. Dept. of Defense, 1964.
53. Chestnut H., Systems engineering tools, Wiley, New York – London – Sydney, 1965.
54. Chestnut H., Systems engineering methods, Wiley, New York – London – Sydney, 1967.
55. Systems: research and design, *Proc. of the First Systems Symp. at Case Inst. of Technol.*, Eckman D.P. (ed.), Wiley, New York – London – Sydney, 1961.
56. Goode H.H., Machol R.E., System Engineering, McGraw-Hill, New York, 1957.
57. Gosling W., The design of engineering systems, Heywood, London, 1962.
58. Hall A.D., A methodology for systems engineering, Van Nostrand, Princeton, N.J., 1962.
59. Singleton W.T., Current trends towards systems design, Ergonomics for Industry, No. 12, Ministry of Technol., London, 1966.

60. Fogel L.J., Biotechnology: concepts and applications, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1963.
61. Gagne R.M., Psychological principles in system development, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1962.
62. Jones J.C., The designing of man-machine systems, *The human operator in complex systems*, Singleton W.T., Easterby R.S., Whitfield D. (eds.), Taylor and Francis, London, 1967; *Ergonomics*, 10, 2 (1967).
63. Singleton W.T., The systems prototype and his design problems, *The Human operator in complex systems*, Singleton W.T., Easterby R.S., Whitfield D. (eds.), Taylor and Francis, London, 1967; *Ergonomics*, 10, 2 (1967).
64. Harper C.M., The designing of polypropylene mouldings: the case histories of two chair design, Library of the Univ. of Manchester, Inst. of Sci. and Technol., Manchester, 1965.
65. Jones J.C., Methods and results of seating research, *Proc. of the Intern. Symp. of Sitting Posture*, Eidg. Tech. Hochschule, Zürich, 1968; *Ergonomics*, 12, 2, 171 – 181 (1969).
66. Jones J.C., Layout of work spaces, *Ergonomics for Industry*, No. 11, Ministry of Technology, London, 1967.
67. Page J.K., Element design guide: lighting, *Architect's J.*, Febr. 20, p. 413 (1963).
68. Page J.K., Element design guide: acoustics, *Architect's J.*, Febr. 27, p. 471 (1963).
69. Page J.K., A review of the papers presented at the Conference, *Conf. on Design Methods*, Jones J.C., Thornly D.G. (eds.), Pergamon, Oxford, 1963; Macmillan, New York, 1963.
70. Page J.K., Environmental research using models, *Architect's J.*, March 11, pp. 587 – 593 (1964).
71. Jones J.C., Systematic design methods and the building design process, *Proc. of the C.I.B. Congress, 1965, Towards Industrial Building*, Elsevier, London, 1965; *Architect's J.*, Sept. 22 (1965).
72. Mann R.W., Engineering specifications for a man-computer system of design, *Proc. AFIPS Conf., 23, Spring Joint Computer Conf.*, Cleaver-Hume, 1963.
73. Jones J.C., A method of systematic design, *Conf. on Design Methods*, Jones J.C., Thornley D.G. (eds.), Pergamon, Oxford, 1963; Macmillan, New York, 1963.
74. Jones J.C., Design methods compared: 1 strategies, 2 tactics, *Design*, No. 212, 213 (1966).
75. Matchett E., Briggs A.H., Practical design based on method (fundamental design method), *The design method*, Gregory S. (ed.), Butterworths, London, 1966.
76. Matchett E., FDM – A means of controlled thinking and personal growth, *Proc. of the State Conf. of Designers*, Czechoslovakia Sci. and Techn. Soc., Prague, 1967.
77. Pleydell-Pierce A.G., Choosing and evaluating, *The design method*, Gregory S. (ed.), Butterworths, London, 1966.
78. Gibb M., Keywords in information, *New Scientist*, 26, 446, 662 – 663 (1965).
79. Flanagan J.C., The critical incident technique, *Psychol. Bull.*, 51, 327 – 358 (1954).
80. Madge J., The tools of social science, Longmans Green, London, 1953.
81. Jones J.C., Goodwin C.A., Yaffe B., Office desks for the 1970's Internal Report, Design Res. Lab., Univ. of Manchester, Inst. of Sci. and Technol., Manchester, 1968.
82. Karlin J.E., Consideration of the user in telephone research, *Ergonomics*, 1, 1 (1957).
83. Bowley A.L., Elements of statistics, King, London, 1937.
84. Jolley J.L., Data study, World Univ. Library, Weidenfeld and Nicolson, London, 1968.
85. Osgood C.E., Suci G.J., Tannenbaum P.H., The measurement of meaning, Univ. of Illinois Press, Urbana, 1957.
86. Sanoff H., Techniques of evaluation for designers, *Design Res. Lab. Monogr.*, North Carolina State Univ., Raleigh, 1968.
87. Yaffe B., The functional and ergonomic requirements of door furniture, *Diploma Rep.*, Design Res. Lab., Univ. of Manchester Inst. of Sci. and Technol., Manchester, 1967.
88. Siegel S., Nonparametric statistics for the behavioral sciences, McGraw-Hill, New York – Toronto – London, 1965.
89. Murrell K.F.H., Laurie W.D., McCarthy C., Dial size, reading distance and reading accuracy, *Ergonomics*, 1, 182 – 190 (1958).
90. Jones J.C., Ward A.J., Haywood P.W., Reading dials at shot distances, *A.E.I. Engineering*, 5, No. 1 (1965).
91. Broadbent D.E., Little E.A.J., Effects of noise reduction in a work situation, *Occupational Psychol.*, 34, 133 (1960).

92. Chapanis A., Research techniques in human engineering, Hopkins, Baltimore, 1959.
93. Edholm O. G., The biology of work, World Univ. Library, Weidenfeld and Nicolson, London, 1967.
94. Murrell K. F. H., Ergonomics. Man in his working environment, Chapman and Hall, London 1965.
95. Webb M. D., Bioastronautics data book, NASA, SP-3006, U.S. Gov. Printing Office, Washington.
96. Beer St., The world, the flesh and the metal, *Nature*, No. 4968, 223–231 (1965).
97. Robins W. J., Minimum standards for circulation spaces between walls, tables and chairs established by photography of body movement, M. Sc. Diss., Library of the Univ. of Manchester Inst. of Sci. and Technol., Manchester, 1966.
98. Taylor D. W., Berry P. C., Block C. H., Does group participation in brainstorming facilitate or inhibit creative thinking? *Administr. Sci. Quart.*, 3, 22 – 47 (1958).
99. Roget P. M., Thesaurus of English words and phrases, Penguin Books, Harmondsworth, Middlesex, 1852; revised ed. 1953.
100. Crawford R. P., The techniques of creative thinking, Hawthorn Books, New York, 1954.
101. Whiting C. S., Creative thinking, Reinhold, New York, 1958.
102. Gregory S., Creativity in chemical engineering research, *Proc. of the Symp. on Productivity in Research*, Inst. of Chem., Eng., London, 1963.
103. Norris K. W., The morphological approach to engineering design, *Conf. on Design Methods*, Jones J. C., Thornley D. G. (eds.), Pergamon, Oxford, 1963; Macmillan, New York, 1963.
104. Zwicky F., The morphological method of analysis and construction, Courant, Anniversary Volume, 1948.
105. Alexander C., Notes on the synthesis of form, Harvard Univ. Press, Cambridge, 1964.
106. Minsky M., Steps towards artificial intelligence, *Computers and thought*, Feigenbaum E. A., Feldman J. (eds.), McGraw-Hill, New York – San Francisco – Toronto – London – Sydney, 1963.
107. Luchman J., An approach to the management of design, *Operat. Res. Quart.*, 18, No. 4 (1967).
108. Jones J. C., A credible future for city traffic, *Proc. of the First Conf. on Technological Forecasting*, Univ. of Strathclyde, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh, 1969.
109. Sasaki T., personal communication to the writer, 1965.
110. Breuning S. M., Evolution potential for automated transportation, *Condensed version of paper given at IEEE Meeting, 18 – 21 March, 1968*.
111. Jones J. C., A non-visual reading device, *Report No. ID 10*, Associated Electrical Industries Ltd., Manchester, 1958.
112. Jewkes J., Sawers D., Stillerman R., The sources of invention, Macmillan, London, 1958.
113. Chermayeff S., Alexander C., Community and privacy: towards a new architecture of humanism, Doubleday, New York, 1963; Penguin Books, Harmondsworth, Middlesex, 1966.
114. Alexander C., Mannheim M., Hidecs 2: a computer program for the hierarchical decomposition of a set with an associated linear graph, Civil Eng. Systems Lab. Publ., No. 160, MIT, Cambridge, Mass., 1962.
115. Alexander C., Environmental structure, Harvard Univ. Press, Cambridge, forthcoming publication.
116. Jones J. C., Gray R. C., Ward A. J., A preliminary survey of research in road vehicle seating report, Cox of Watford, Ltd., Nottingham, 1962.
117. Miller R.B., Task taxonomy: science or technology? , The human operator in complex systems, Singleton W.T., Easterby R.S., Whitfield D. (eds.), Taylor and Francis, London, 1967; *Ergonomics*, 10, No. 2 (1967).
118. Powell J.A., A design guide. Open office Acoustics, M.Sc. Diss., Library of the Univ. of Manchester Inst. of Sci. and Technol., Manchester, 1968.
119. Markham B.G., Reliability in aero engines, *Chartered Mech. Eng.*, Jan. (1967).
120. Mainstone R.J., Bianco L.G., Harrison H.W., Performance parameters and performance specifications in architectural design, Building Sci., to be published.
121. Quirk G.C., Logic design factors, *An approach to predicting mechanical design reliability*, Rep. No. R61 P006, Ordnance Dept., Defense Electronics Div., General Electric, Pittsfield, Mass., 1961.

Оглавление

Предисловие редактора перевода	5
Введение.	16
Обзор новейших тем	19

ЧАСТЬ I. РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Глава 1. Что такое проектирование?	42
1.1. Задачи проектировщика.	45
1.2. В чем трудности проектирования?	48
1.3. Что такое проектирование: искусство или наука?	49
Глава 2. Традиционные методы	51
2.1. Эволюция кустарных промыслов	52
2.2. Чертежный способ проектирования	56
Глава 3. Необходимость новых методов.	60
3.1. Как решаются сложные задачи при традиционном проектировании?	61
3.2. В каком отношении современные задачи проектирования сложнее традиционных?	64
3.3. Какие межличностные барьеры мешают решению современных задач проектирования?	68
3.4. Почему сложность современных задач оказалась непосильной для традиционного процесса проектирования?	72
Глава 4. Обзор новых методов	74
4.1. Проектировщик как "черный ящик"	76
4.2. Проектировщик как "прозрачный ящик"	79
4.3. Проектировщик как самоорганизующая система	84
4.4. Критерии управления проектными работами	86
Глава 5. Расчлененный процесс проектирования	88
5.1. Проектирование как трехступенчатый процесс.	91
5.2. Дивергенция	91
5.3. Трансформация.	93
5.4. Конвергенция	94
5.5. Последствия расчленения акта проектирования	95
5.6. Перспективы восстановления единства проектирования	97
5.7. Грубый операционализм или коллективное озарение?	98
Глава 6. Выбор стратегий и методов	100
6.1. Стратегии проектирования	101
6.2. Как выбрать метод проектирования	105
6.3. Примеры	110

ЧАСТЬ II. МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ДЕЙСТВИИ

Введение.	114
Глава 7. Готовые стратегии (конвергенция)	116
7.1. Упорядоченный поиск (применение теории решений)	117
7.2. Стоимостный анализ	124

7.3. Системотехника	131
7.4. Проектирование систем человек—машина	136
7.5. Поиск границ	144
7.6. Кумулятивная стратегия Пейджа	154
7.7. Стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов (CASA)	159
Глава 8. Управление стратегией	168
8.1. Переключение стратегии.	169
8.2. Фундаментальный метод проектирования Мэтчетта (FDM)	174
Глава 9. Методы исследования проектных ситуаций (дивергенция)	186
9.1. Формулирование задач.	187
9.2. Поиск литературы.	192
9.3. Выявление визуальных несоответствий	197
9.4. Интервьюирование потребителей.	200
9.5. Анкетный опрос	205
9.6. Исследование поведения потребителей	215
9.7. Системные испытания	223
9.8. Выбор шкал измерения	227
9.9. Накопление и свертывание данных	231
Глава 10. Методы поиска идей (дивергенция и трансформация)	242
10.1. Мозговая атака	243
10.2. Синектика.	246
10.3. Ликвидация тупиковых ситуаций	251
10.4. Морфологические карты	255
Глава 11. Методы исследования структуры проблемы (трансформация)	258
11.1. Матрица взаимодействий	259
11.2. Сеть взаимодействий	261
11.3. Анализ взаимосвязанных областей решения (AIDA)	265
11.4. Трансформация системы	269
11.5. Проектирование нововведений путем смещения границ	275
11.6. Проектирование новых функций.	278
11.7. Определение компонентов по Александру	284
11.8. Классификация проектной информации.	290
Глава 12. Методы оценки (конвергенция)	296
12.1. Контрольные перечни.	297
12.2. Выбор критериев	303
12.3. Ранжирование и взвешивание	307
12.4. Составление технического задания	311
12.5. Индекс надежности по Квирку	315
Литература	321

Монография

Джон Кристофер Джонс

Методы проектирования

Ст. научные редакторы В. Я. Фридман, А. Ю. Кирий

Мл. научный редактор Л. А. Цветкова

Художник В. Ю. Марковский

Художественный редактор Н. М. Иванов

Технический редактор М. А. Анциферова

Корректор И. С. Голубева

ИБ № 5913

Подписано к печати 18.08.86. Формат 70х100/16

Бумага офсетная № 1

Гарнитура таймс. Печать офсетная. Объем 10,25 бум. л.

Усл. печ. л. 26,65 Усл. кр.-отт. 53,16

Уч.-изд. л. 27,75 Изд. № 7/4303

Тираж 25 000 экз. Зак 1094. Цена 2 р. 40 к

Набрано в издательстве "Мир" на участке оперативной полиграфии

129820, ГСП, Москва, 1-й Рижский пер., 2.

Можайский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома

при Государственном комитете СССР

по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.

143200, Можайск, ул. Мира, 93.

КНИГА ИЗВЕСТНОГО АНГЛИЙСКОГО
УЧЕНОГО ДЖ. К. ДЖОНСА ПРЕДСТАВ-
ЛЯЕТ СОБОЙ СИСТЕМАТИЗИРОВАННОЕ
РУКОВОДСТВО ПО ОБЩИМ МЕТОДАМ
ИНЖЕНЕРНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ
И ПРОЕКТНОГО АНАЛИЗА.
АВТОР ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО ПРОВОДИТ
КОНЦЕПЦИЮ "ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЫ БУДУЩЕГО"
НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА
С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ РАЗРАБОТАННЫХ
ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ НОВЫХ ЭФФЕК-
ТИВНЫХ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ
ОРГАНИЗАЦИИ, ОПТИМИЗАЦИИ
СТИМУЛИРОВАНИЯ ТВОРЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ.